

DEVICE FOR OPTICAL COMMUNICATIONS AND ITS MANUFACTURING METHOD

Patent Number: JP2004004428
Publication date: 2004-01-08
Inventor(s): ASAI MOTOO; TANAKA TOYOAKI
Applicant(s): IBIDEN CO LTD
Requested Patent: ☒ JP2004004428
Application Number: JP20020213940 20020723
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B6/42; G02B6/122; H05K1/02; H05K1/14; H05K3/46
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device for optical communications by which dust and foreign matters or the like floating in air are prevented from entering a space between an optical device and an optical waveguide by forming a sealing resin layer between a printed board for packaging an IC chip and a multilayer printed wiring board and also whose reliability is high by mitigating stress caused by the difference in the coefficients of thermal expansion between the printed board for packaging the IC chip and the multilayer printed wiring board.

SOLUTION: The device for the optical communications is constituted of the printed board for packaging the IC chip where at least the optical device is packaged and the multilayer printed wiring board where at least the optical waveguide is formed, and an optical signal is transmitted by the optical waveguide and the optical device, and the enclosed resin layer is formed between the printed board for packaging the IC chip and the multilayer printed wiring board.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BLANK PAGE

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-4428

(P2004-4428A)

(43) 公開日 平成16年1月8日 (2004.1.8)

(51) Int. Cl. ⁷	F 1	テーマコード (参考)
G02B 8/42	G02B 6/42	2H037
G02B 8/122	H05K 1/02	2H047
H05K 1/02	H05K 1/14	5E338
H05K 1/14	H05K 3/46	5E344
H05K 3/46	G02B 6/12	5E346
		審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2002-213940 (P2002-213940)
 (22) 出願日 平成14年7月23日 (2002. 7. 23)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-99307 (P2002-99307)
 (32) 優先日 平成14年4月1日 (2002. 4. 1)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2001-399448 (P2001-399448)
 (32) 優先日 平成13年12月28日 (2001. 12. 28)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000000158
 イビアン株式会社
 岐阜県大垣市神田町2丁目1番地
 (74) 代理人 100086586
 弁理士 安富 康男
 (72) 発明者 浅井 元雄
 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビアン株式会社内
 (72) 発明者 田中 豊秋
 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビアン株式会社内
 Fターム (参考) 2H037 AA01 BA02 BA11 CA38 DA03
 DA06 DA11
 2H047 KA03 KB09 LA09 MA07 QA05

最終頁に続く

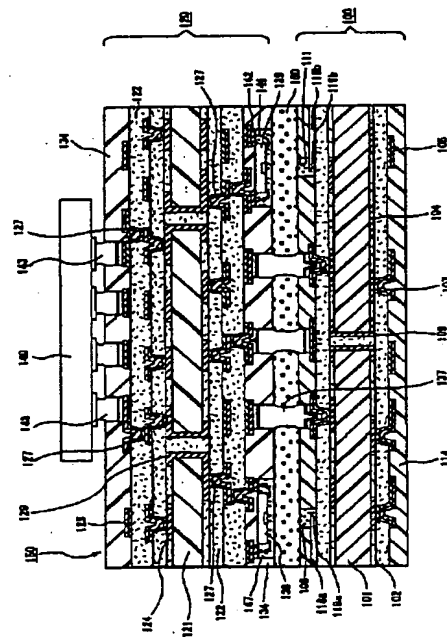
(54) 【発明の名称】 光通信用デバイスおよび光通信用デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されているため、光学素子と光導波路との間に空中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、さらに、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和することができ、信頼性に優れた光通信用デバイスを提供する。

【解決手段】 少なくとも光学素子が実装されたICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなり、上記光導波路と、上記光学素子とが光信号を伝達することができるように構成されている光通信用デバイスであって、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることを特徴とする光通信用デバイス。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも光学素子が実装された I C チップ実装用基板と、
少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなり、
前記光導波路と、前記光学素子とが光信号を伝達することができるように構成されている
光通信用デバイスであって、
前記 I C チップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されてい
ることを特徴とする光通信用デバイス。

【請求項 2】

前記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が 70 % 以上である請求項 1 に記載の光通信用デ 10
バイス。

【請求項 3】

前記封止樹脂層には、粒子が含まれている請求項 1 または 2 に記載の光通信用デバイス。

【請求項 4】

前記光学素子は、受光素子および／または発光素子である請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 に記
載の光通信用デバイス。

【請求項 5】

少なくとも光学素子が実装された I C チップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成さ
れた多層プリント配線板とを別々に製造した後、
前記 I C チップ実装用基板の光学素子と前記多層プリント配線板の光導波路との間で、光 20
信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、
さらに、前記 I C チップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物
を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする光通
信用デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、光通信用デバイスおよび光通信用デバイスの製造方法に関する。

【0002】

近年、通信分野を中心として光ファイバに注目が集まっている。特に I T (情報技術) 分 30
野においては、高速インターネット網の整備に、光ファイバを用いた通信技術が必要とな
る。

光ファイバは、▲1▼低損失、▲2▼高帯域、▲3▼細径・軽量、▲4▼無誘導、▲5▼
省資源等の特徴を有しており、この特徴を有する光ファイバを用いた通信システムでは、
従来のメタリックケーブルを用いた通信システムに比べ、中継器数を大幅に削減すること
ができ、建設、保守が容易になり、通信システムの経済化、高信頼性を図ることができ
る。

【0003】

また、光ファイバは、一つの波長の光だけでなく、多くの異なる波長の光を 1 本の光ファ 40
イバで同時に多重伝送することができるため、多様な用途に対応可能な大容量の伝送路を
実現することができ、映像サービス等にも対応することができる。

【0004】

そこで、このようなインターネット等のネットワーク通信においては、光ファイバを用い
た光通信を、基幹網の通信のみならず、基幹網と端末機器 (パソコン、モバイル、ゲーム
等) との通信や、端末機器同士の通信にも用いることが提案されている。

【0005】

このように基幹網と端末機器との通信等に光通信を用いる場合、端末機器において情報 (50
信号) 処理を行う I C が、電気信号で動作するため、端末機器には、光→電気変換器や電
気→光変換器等の光信号と電気信号とを変換する装置 (以下、光/電気変換器ともいう)
を取り付ける必要がある。そこで、従来の端末機器では、例えば、I C チップを実装した

パッケージ基板、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学部品等を別々に実装し、これらに電気配線や光導波路を接続し、信号伝送および信号処理を行っていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

このような従来の端末機器では、IC実装パッケージ基板と光学部品とを別々に実装しているため、装置全体が大きくなり、端末機器の小型化を妨げる要因となっていた。

また、従来の端末機器では、IC実装パッケージ基板と光学部品との距離が離れているため、電気配線距離が長く、信号伝送時にクロストークノイズ等による信号エラー等が発生しやすかった。

【0007】

また、従来の光通信用デバイスにおいて、通常、光導波路と受光素子や発光素子等の光学素子との間は空隙であり、この部分に空气中を浮遊しているゴミや異物が入り込むと、この異物等により光信号の伝送が阻害され、光学部品間の接続損失が増加することがあった。

【0008】

【課題を解決するための手段】

そこで、本発明者らは鋭意検討した結果、ICチップ実装用基板に各種光学部品を実装することにより、接続信頼性に優れた光通信を達成することができるとともに、端末機器の小型化に寄与することができ、また、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置し、両者の間に封止樹脂層を形成することにより、各光学部品間に空气中を浮遊している異物等が入り込むことがなく、加えて、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和することができるため、信頼性に優れた光通信用デバイスとなることを見出し、下記の構成からなる本発明の光通信用デバイスを完成させた。

【0009】

すなわち、本発明の光通信用デバイスは、少なくとも光学素子が実装されたICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなり、上記光導波路と、上記光学素子とが光信号を伝達することができるように構成されている光通信用デバイスであって、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることを特徴とする。

【0010】

本発明の光通信用デバイスにおいて、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が70%以上であることが望ましい。

また、上記封止樹脂層には、粒子が含まれていることが望ましい。

また、本発明の光通信用デバイスにおいて、上記光学素子は、受光素子および／または発光素子であることが望ましい。

【0011】

また、本発明の光通信用デバイスの製造方法は、少なくとも光学素子が実装されたICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

上記ICチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の光通信用デバイスについて説明する。

本発明の光通信用デバイスは、少なくとも光学素子が実装されたICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とからなり、

上記光導波路と、上記光学素子とが光信号を伝達することができるように構成されている。

光通信用デバイスであって、
上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されていることを特徴とする。

【００１３】

本発明の光通信用デバイスは、所定の位置に光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。また、上記光通信用デバイスでは、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信用端末機器の小型化に寄与することができる。

10

【００１４】

また、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板との間には、封止樹脂層が形成されているため、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがない。

【００１５】

さらに、上記封止樹脂層が、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができるため、例えば、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する半田バンプ付近での破断等を防止することができる。また、上記封止樹脂層を形成することにより、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくく、光学素子と光導波路との間での光信号の伝送も阻害されない。

20

従って、このような点からも本発明の光通信用デバイスは信頼性に優れることとなる。

【００１６】

また、本発明の光通信用デバイスにおいて、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とは、半田バンプを介して電氣的に接続されていることが望ましい。半田が有するセルフアライメント作用により両者をより確実に所定の位置に配置することができるからである。

なお、セルフアライメント作用とは、リフロー処理時に半田が自己の有する流動性により半田バンプ形成用開口の中央付近により安定な形状で存在しようとする作用をいい、この作用は、半田がソルダーレジスト層にはじかれるとともに、半田が金属に付く場合には、球形になろうとする表面張力が強く働くために起こるものと考えられる。このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田バンプを介して、上記多層プリント配線板上に、上記ＩＣチップ実装用基板を接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記ＩＣチップ実装用基板が移動し、該ＩＣチップ実装用基板を上記多層プリント配線板上の正確な位置に取り付けることができる。

30

従って、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とのそれぞれに、受光素子や発光素子、光導波路等の光学部品を正確な位置に取り付けておけば、半田バンプを介して上記多層プリント配線板上に、上記ＩＣチップ実装用基板を接続することにより接続信頼性に優れる光通信用デバイスを製造することができる。

【００１７】

以下、本発明の光通信用デバイスについて、図面を参照しながら説明する。

40

図１は、本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図１には、ＩＣチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

【００１８】

図１に示すように、光通信用デバイス１５０は、ＩＣチップ１４０を実装したＩＣチップ実装用基板１２０と多層プリント配線板１００とから構成され、ＩＣチップ実装用基板１２０と多層プリント配線板１００とは、半田接続部１３７を介して電氣的に接続されている。

また、ＩＣチップ実装用基板１２０と多層プリント配線板１００との間には、封止樹脂層１６０が形成されている。

【００１９】

50

ICチップ用実装基板120は、基板121の両面に導体回路124と層間樹脂絶縁層122とが積層形成され、基板121を挟んだ導体回路同士、および、層間樹脂絶縁層122を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール129およびバイアホール127により電氣的に接続されている。

また、ICチップ用実装基板120の一方の最外層には、ICチップを実装するための半田バンプを備えたソルダーレジスト層134が形成されており、ICチップ実装用基板120の他方の最外層（多層プリント配線板100と対向するソルダーレジスト層）の一部には、ワイヤボンディング型の受光素子138および発光素子139のそれぞれが収納、固定され、さらに、ICチップ実装用基板に形成された導体層142との間でワイヤ146により電氣的に接続されている。なお、受光素子138および発光素子139の固定は、ダイボンディング用樹脂（図示せず）により行われている。
また、ソルダーレジスト層134に収納された受光素子138および発光素子139のそれぞれは、その周囲が樹脂147により封止されている。

【0020】

多層プリント配線板100は、基板101の両面に導体回路104と層間樹脂絶縁層102とが積層形成され、基板101を挟んだ導体回路同士、および、層間樹脂絶縁層102を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール109およびバイアホール107により電氣的に接続されている。

また、多層プリント配線板100のICチップ用実装基板120と対向する側の最外層には、その内部に光路用樹脂層108が形成された光路用開口111と半田バンプとを備えたソルダーレジスト層114が形成され、光路用開口111（111a、111b）直下には、光路変換ミラー119（119a、119b）を備えた光導波路118（118a、118b）が形成されている。

【0021】

このような構成からなる光通信デバイス150では、光ファイバ等（図示せず）を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路118aに導入され、光路変換ミラー119a、光路用開口111aおよび封止樹脂層160を介して受光素子138（受光部138a）に送られた後、受光素子138で電気信号に変換され、さらに、導電層142、導体回路124、バイアホール127、スルーホール129および半田接続部143を介してICチップ140に送られることとなる。

【0022】

また、ICチップ140から送り出された電気信号は、半田接続部143、導体回路124、バイアホール127、スルーホール129および導電層142を介して発光素子139に送られた後、発光素子139で光信号に変換され、この光信号が発光素子139（発光部139a）から封止樹脂層160、光路用開口111bおよび光路変換ミラー119bを介して光導波路118bに導入され、さらに、光ファイバ等（図示せず）を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

【0023】

このような本発明の光通信デバイスでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されているため、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがない。

【0024】

また、上記光通信デバイスでは、ICチップ実装用基板内、すなわち、ICチップに近い位置で、光／電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができる。

また、ICチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田バンプを介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路（バイアホール、スルーホールを含む）を介して、多層プリント配線板に実装された他のICチップ等の電子部品に送られること

となる。

【0025】

また、本発明の光通信用デバイスの実施形態は、図1に示した形態に限定されるわけではなく、例えば、図2や図3に示す形態を有するものであってもよい。

図2は、本発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図であり、図3は、本発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図である。

【0026】

図2に示す光通信用デバイスは、図1に示した光通信用デバイスとその構造が略同一であり、光学素子（受光素子および発光素子）をICチップ実装用基板に固定する形態のみが異なる。

10

すなわち、図1に示す光通信用デバイス150では、光学素子がダイボンディング用樹脂により固定されているのに対し、図2に示す光通信用デバイス250では、受光素子238および発光素子239が、それぞれ半田244により固定されている。なお、半田244は、光学素子を固定する役割のみを果たしているものであり、光学素子の電気的な接続はワイヤ246により行われている。

このように、図2に示す光通信用デバイス250は、光学素子をICチップ実装用基板に固定する形態が図1に示した光通信用デバイス150と異なるのみで、その他の構造は光通信用デバイス150と同様である。

【0027】

図3に示す光通信用デバイスは、図1に示した光通信用デバイスとその構造が略同一であり、光学素子（受光素子および発光素子）の実装形態のみが異なる。

20

すなわち、図1に示す光通信用デバイス150では、光学素子としてワイヤボンディング型の光学素子が用いられ、該光学素子がダイボンディング用樹脂により固定されている。これに対し、図3に示す光通信用デバイス350では、受光素子338および発光素子339としてフリップチップ型のものが用いられ、受光素子338および発光素子339の固定と電気的な接続とがともに、半田344により行われている。

また、光通信用デバイス350では、受光素子338および発光素子339の底面（受光部および発光部を有する面と反対側の面）とソルダーレジスト層334との間隙もまた樹脂封止されている。

このように、図3に示す光通信用デバイス350は、光学素子の実装形態が図1に示した光通信用デバイス150と異なるのみで、その他の構造は光通信用デバイス150と同様である。

30

【0028】

さらに、本発明の光通信用デバイスは、図14、図15に示す形態を有するものであってもよい。図14は、本発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図であり、図15は、本発明の光通信用デバイスの別の一例を模式的に示す断面図である。

【0029】

図14に示す光通信用デバイスは、図1に示した光通信用デバイスと比べて、光学素子（受光素子および発光素子）の実装位置が異なり、さらに、該光学素子と光導波路との間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路が形成されている点が異なる。

40

すなわち、図1に示す光通信用デバイス150では、光学素子がICチップ実装用基板120の多層プリント配線板100と対向する側の面に実装されているのに対し、図14に示す光通信用デバイス450では、受光素子438および発光素子439が、ICチップ実装用基板420の多層プリント配線板400に対向する側と基板を挟んで反対側の面に実装されている。なお、受光素子438および発光素子439は半田を介してICチップ実装用基板に実装されている。

【0030】

また、ICチップ実装用基板420には、受光素子438および発光素子439のそれぞれと光導波路418との間で光信号の伝送を行うための光信号伝送用光路441が形成されている。光信号伝送用光路441は、その内部に光路用樹脂層442が形成されると

50

もに、その壁面に導体層445が形成されている。

さらに、受光素子438および発光素子439のそれぞれの下面と、ソルダーレジスト層434との間は、樹脂447により封止されている。

このような構成を有する光通信デバイス450では、光学素子（受光素子438および発光素子439）と、光導波路118との間で、光信号伝送用光路441を介して光信号の伝送を行うことができる。

このように、図14に示す光通信デバイス450は、光学素子の実装位置と、光信号伝送用光路が形成されている点とが、図1に示した光通信デバイス150と異なるのみで、その他の構造は光通信デバイス150と同様である。

【0031】

図15に示す光通信デバイスは、図3に示した光通信デバイスと比べて、光導波路の形成位置が異なり、さらに、基板、層間樹脂絶縁層および片側のソルダーレジスト層を貫通する信号伝送用光路が多層プリント配線板に形成されている点異なる。

すなわち、図3に示す光通信デバイス350を構成する多層プリント配線板300では、光導波路318がICチップ実装用基板320と対向する側の最外層の層間樹脂絶縁層上に形成されている。これに対し、図15に示す多層プリント配線板500では、ICチップ実装用基板520に対向する側と基板を挟んで反対側の最外層の層間樹脂絶縁層上に光導波路518が形成されている。

【0032】

さらに、多層プリント配線板500においては、基板501、層間樹脂絶縁層502およびICチップ実装用基板520と対向する側のソルダーレジスト層514を貫通する光信号伝送用光路551が形成されている。なお、光信号伝送用光路551は、その内部に光路用樹脂層552が形成され、その壁面に導体層555が形成されている。

このような構成からなる光通信デバイス550では、多層プリント配線板500に形成された光信号伝送用光路551を介して光信号の伝送を行うことができる。

このように、図15に示す光通信デバイス550は、光導波路の形成位置と、光信号伝送用光路が形成されている点とが、図3に示した光通信デバイス350と異なるのみで、その他の構造は光通信デバイス350と同様である。

【0033】

このように、本発明の光通信デバイスにおける光導波路の形成位置は、図1等にも示す多層プリント配線板のように、ICチップ実装用基板と対向する側の最外層の層間樹脂絶縁層上であってもよいし、図15に示す多層プリント配線板のように、ICチップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側の最外層の層間樹脂絶縁層上であってもよい。さらに、上記光導波路の形成位置は、これらに限定されるわけではなく、層間樹脂絶縁層同士の間であってもよいし、基板と層間樹脂絶縁層との間であってもよい。

【0034】

次に、本発明の光通信デバイスの構成部材等について説明する。

本発明の光通信デバイスは、上述したようにICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている。

【0035】

上記封止樹脂層としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、その材料としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光化された樹脂、紫外線硬化型樹脂等が挙げられる。これらのなかで、熱硬化性樹脂が望ましい。確実に硬化させることが容易だからである。具体的には、例えば、PMM A（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

【0036】

また、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が70%以上であることが望ましい。

10

20

30

40

50

通信波長光の透過率が70%未満では、光信号の損失が大きく、光通信用デバイスの信頼性の低下に繋がることがあるからである。上記透過率が、90%以上であることが望ましい。

特に、上記封止樹脂層が上述した樹脂成分のみからなる場合には、その透過率は、90%以上であることが望ましく、後述するように、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、その透過率は、70%以上であることが望ましい。

【0037】

なお、本明細書において、通信波長光の透過率とは、長さ1mmあたりの通信波長光の透過率をいう。具体的には、強さ I_1 の光が上記封止樹脂層に入射し、該封止樹脂層を1mm通過して出てきたとした際に、出てきた光の強さが I_2 である場合に下記式(1)により算出される値である。 10

【0038】

透過率(%) = $(I_2 / I_1) \times 100 \cdots (1)$

【0039】

なお、上記透過率とは、25~30℃で測定した透過率をいう。

【0040】

また、上記封止樹脂層には、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていることが望ましい。

粒子を含ませることにより、上記ICチップ実装用基板や上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数を整合させることができ、熱膨張係数の差に起因したクラック等がより発生しにくくなるからである。 20

【0041】

なお、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる本発明の光通信用デバイスにおいて、その構成部材の熱膨張係数(z軸方向)は、例えば、基板が $5.0 \times 10^{-5} \sim 6.0 \times 10^{-5}$ (／℃)程度、層間樹脂絶縁層が $6.0 \times 10^{-5} \sim 8.0 \times 10^{-5}$ (／℃)程度、粒子が $0.1 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ (／℃)程度、封止樹脂層が $0.1 \times 10^{-5} \sim 100 \times 10^{-5}$ (／℃)程度、粒子が配合された封止樹脂層が $3.0 \times 10^{-5} \sim 4.0 \times 10^{-5}$ (／℃)程度、ICチップやシリコン、ゲルマニウム等を材料とする光学素子が $0.5 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ (／℃)程度、導体回路が $1.0 \times 10^{-5} \sim 2.0 \times 10^{-5}$ (／℃)程度である。なお、上記熱膨張係数の測定温度は20℃である。 30

このように、封止樹脂層に粒子が配合されていると、該封止樹脂層と光通信用デバイスを構成する他の構成部材との熱膨張係数の差が小さくなる。そのため、応力が緩和されることとなる。

また、封止樹脂層に粒子が配合されている場合には、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

【0042】

また、上記封止樹脂層に粒子を配合する場合、該封止樹脂層の樹脂成分の屈折率と、上記粒子の屈折率とは同程度であることが望ましい。そのため、封止樹脂層に粒子を配合する場合には、屈折率の異なる2種類以上の粒子を混ぜ合わせて、粒子の屈折率が樹脂成分の屈折率と同程度になるようにすることが望ましい。 40

具体的には、例えば、樹脂成分が屈折率1.53のエポキシ樹脂である場合には、屈折率が1.54のシリカ粒子と屈折率が1.52のチタニア粒子とを混ぜ合わせて用いることが望ましい。

なお、粒子を混ぜ合わせる方法としては、混練する方法、2種類以上の粒子を溶かして混ぜ合わせた後、粒子状にする方法等が挙げられる。

【0043】

上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等からなるものが挙げられる。 50

【0044】

具体的には、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等の熱硬化性樹脂；これらの熱硬化性樹脂の熱硬化基（例えば、エポキシ樹脂におけるエポキシ基）にメタクリル酸やアクリル酸等を反応させ、アクリル基を付与した樹脂；フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPES）、ポリフェニルエーテル（PPE）、ポリエーテルイミド（PI）等の熱可塑性樹脂；アクリル樹脂等の感光性樹脂等からなるものが挙げられる。

また、上記熱硬化性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体や、上記アクリル基を付与した樹脂や上記感光性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体からなるものを用いることもできる。

また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

【0045】

また、上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物、チタニア等のチタン化合物等からなるものが挙げられる。また、シリカとチタニアとを一定の割合で混ぜ、溶解させて均一化したものを用いてもよい。

また、上記無機粒子として、リンやリン化合物からなるものを用いることもできる。

【0046】

上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、パラジウム、ニッケル、白金、鉄、亜鉛、鉛、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム等からなるものが挙げられる。

これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子は、単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。

【0047】

また、上記粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、封止樹脂層にクラック等がより発生しにくいからである。

さらに、上記粒子の形状が球状または楕円球状である場合には、該粒子で光が反射しにくく、光信号の損失が低減されることとなる。

【0048】

また、上記粒子の粒径の望ましい下限は0.01 μm であり、より望ましい下限は0.1 μm である。一方、上記粒径の望ましい上限は100 μm であり、より望ましい上限は50 μm であり、特に、その上限は通信波長より短いことが望ましい。上記粒子の平均粒径が通信波長より短いと、より光信号の伝送が阻害されるおそれが少なくなるからである。また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含んでもよい。

なお、本明細書において、粒子の粒径とは、粒子の一番長い部分の長さをいう。

【0049】

上記封止樹脂層に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

なお、上記封止樹脂層の組成は、光信号の伝送損失、耐熱性、曲げ強度等の信頼性に影響を及ぼすため、その具体的な組成は、封止樹脂層が光信号の低損失性、優れた耐熱性や耐クラック性を満たすように適宜選択すれば良い。

【0050】

また、本発明の光通信用デバイスを構成する IC チップ実装用基板には、光学素子（受光素子、発光素子）が実装されている。

上記受光素子としては、例えば、PD（フォトダイオード）、APD（アバランシェフォトダイオード）等が挙げられる。

これらは、上記光通信用デバイスの構成や、要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。

上記受光素子の材料としては、Si、Ge、InGaAs 等が挙げられる。

これらのなかでは、受光感度に優れる点から InGaAs が望ましい。

【0051】

上記発光素子としては、例えば、LD（半導体レーザ）、DFB-LD（分布帰還型半導体レーザ）、LED（発光ダイオード）等が挙げられる。

これらは、上記光通信用デバイスの構成や要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。

【0052】

上記発光素子の材料としては、ガリウム、砒素およびリンの化合物（GaAsP）、ガリウム、アルミニウムおよび砒素の化合物（GaAlAs）、ガリウムおよび砒素の化合物（GaAs）、インジウム、ガリウムおよび砒素の化合物（InGaAs）、インジウム、ガリウム、砒素およびリンの化合物（InGaAsP）等が挙げられる。

これらは、通信波長を考慮して使い分ければよく、例えば、通信波長が $0.85\mu\text{m}$ 帯の場合には GaAlAs を使用することができ、通信波長が $1.3\mu\text{m}$ 帯や $1.55\mu\text{m}$ 帯の場合には、InGaAs や InGaAsP を使用することができる。

【0053】

なお、上記光学素子（受光素子や発光素子）は、IC チップ実装用基板に実装する際に、ワイヤボンディングにより電氣的に接続されるものであってもよいし、フリップチップボンディングにより電氣的に接続されるものであってもよい。

また、上記光学素子がワイヤボンディングにより電氣的に接続されるものである場合、該光学素子は、IC チップ実装用基板にダイボンディング用樹脂を用いて固定されるものであってもよいし、半田を用いて固定されるものであってもよい。

【0054】

また、図示したように、本発明の光通信用デバイスにおいて、IC チップ実装用基板に実装された光学素子は、その周囲が樹脂封止されていることが望ましく、該樹脂封止は、封止樹脂層や光路用樹脂層の材質と同様の材質のもので行われていることが望ましい。従って、上記光学素子の周囲を封止する樹脂には、粒子が配合されていてもよく、また、その透過率は、粒子が配合されている場合には 70% 以上であることが望ましく、樹脂成分のみからなる場合には、90% 以上であることが望ましい。

また、上記光学素子がフリップチップボンディングにより電氣的に接続されるものである場合には、該光学素子とソルダーレジスト層や光路用樹脂層との間も樹脂封止されていることが望ましい。

【0055】

また、図示した光通信用デバイスにおける IC チップ実装用基板では、光学素子（受光素子および発光素子）が、ソルダーレジスト層に埋設されるように実装され、かつ、その周囲が樹脂封止されているが、本発明の光通信用デバイスを構成する IC チップ実装用基板では、必ずしも光学素子全体がソルダーレジスト層に埋設されるように実装されている必要はなく、例えば、その一部がソルダーレジスト層に埋設されるよう実装されていてもよく、その全体がソルダーレジスト層に埋設されることなく、ソルダーレジスト層の表面に実装されていてもよい。

なお、その一部が埋設されるように実装されている場合や、その全体がソルダーレジスト層に埋設されることなく実装されている場合もまた、光学素子の周囲は樹脂封止されていてもよい。

【0056】

また、上記 IC チップ実装用基板は、電気信号を伝達するための半田バンプが形成されて

いることが望ましい。これにより、外部電子部品との間で電気信号の伝送を行うことができるからである。

【0057】

本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板には、光導波路が形成されている。

上記光導波路としては、例えば、ポリマー材料等からなる有機系光導波路、石英ガラス、化合物半導体等からなる無機系光導波路等が挙げられる。これらのなかでは、ポリマー材料等からなる有機系光導波路が望ましい。層間樹脂絶縁層との密着性に優れ、加工が容易だからである。

【0058】

上記ポリマー材料としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等が挙げられる。

【0059】

具体的には、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂、フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂、ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

【0060】

上記光導波路には、上記樹脂成分以外に、例えば、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。

上記粒子の具体例としては、上記封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

【0061】

また、上記粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光導波路にクラック等がより発生しにくいからである。

さらに、上記粒子の形状が球状または楕円球状である場合には、上記粒子で光が反射しにくく、光信号の損失が低減されることとなる。

【0062】

また、上記粒子の粒径の望ましい下限は0.01 μm であり、より望ましい下限は0.1 μm である。一方、上記粒径の望ましい上限は100 μm であり、より望ましい上限は50 μm であり、特に、その上限は通信波長より短いことが望ましい。上記粒子の平均粒径が通信波長より短いと、より光信号の伝送が阻害されるおそれが少なくなるからである。また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子が含まれていてもよい。

【0063】

上記光導波路に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

また、上記光導波路の形状は特に限定されないが、その形成が容易であることから、シート状が望ましい。

【0064】

このように光導波路に粒子が含まれる場合、光導波路と多層プリント配線板を構成する基板や層間樹脂絶縁層等との間で熱膨張係数の整合をはかることができ、熱膨張係数の差に起因するクラックや剥離等がより発生しにくくなる。

【0065】

また、上記光導波路の厚さは $1 \sim 100 \mu\text{m}$ が望ましく、その幅は $1 \sim 100 \mu\text{m}$ が望ましい。上記幅が $1 \mu\text{m}$ 未満では、その形成が容易でないことがあり、一方、上記幅が $100 \mu\text{m}$ を超えると、多層プリント配線板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがある。

【0066】

また、上記光導波路の厚さと幅との比は、 $1:1$ に近いほうが望ましい。これは、通常、上記受光素子の受光部や上記発光素子の発光部の平面形状が円形状だからである。なお、上記厚さと幅との比は特に限定されるものではなく、通常、約 $1:2 \sim$ 約 $2:1$ 程度であればよい。

さらに、上記光導波路が通信波長 $1.55 \mu\text{m}$ のシングルモードの光導波路である場合には、その厚さおよび幅は $5 \sim 15 \mu\text{m}$ であることがより望ましく、上記光導波路が通信波長 $0.85 \mu\text{m}$ でマルチモードの光導波路である場合には、その厚さおよび幅は $20 \sim 80 \mu\text{m}$ であることが望ましい。

【0067】

また、上記光導波路としては、受光用光導波路と発光用光導波路とが形成されていることが望ましい。なお、上記受光用光導波路とは、光ファイバ等を介して外部から送られてきた光信号を受光素子へ伝送するための光導波路をいい、上記発光用光導波路とは、発光素子から送られてきた光信号を光ファイバ等へ伝送するための光導波路をいう。

また、上記受光用光導波路と上記発光用光導波路とは同一の材料からなるものであることが望ましい。熱膨張係数等の整合がはかりやすく、形成が容易であるからである。

【0068】

上記光導波路には、上述したように、光路変換ミラーが形成されていることが望ましい。光路変換ミラーを形成することにより、光路を所望の角度に変更することが可能だからである。

上記光路変換ミラーの形成は、後述するように、例えば、光導波路の一端を切削することにより行うことができる。

【0069】

また、図示した光通信デバイスを構成する多層プリント配線板においては、最外層の層間樹脂絶縁層上に光導波路が形成され、さらに、この層間樹脂絶縁層および光導波路を覆うようにソルダーレジスト層が形成されているが、このソルダーレジスト層は、必ずしも形成されている必要はなく、例えば、最外層の層間樹脂絶縁層上全体に光導波路が形成され、この光導波路がソルダーレジスト層としての役割を果たしていてもよい。

【0070】

また、上記ICチップ実装用基板において、図14に示すように、光学素子がICチップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する面と基板を挟んだ反対側の面に実装されている場合には、該ICチップ実装用基板には、光信号伝送用光路が形成されている。従って、この光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を行うことができる。

【0071】

上記光信号伝送用光路は、その内部に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。このように光路用樹脂層が形成されていることは、上記封止樹脂層を形成するのに適しているとともに、上記光信号伝送用光路内にゴミや異物等がより入り込みにくいからである。さらに、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、ICチップ実装用基板の強度もより優れたものとなる。

【0072】

上記光路用樹脂層の樹脂成分は、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、具体例としては、上記封止樹脂層に用いる樹脂と同様のもの等が挙げられる。

また、上記光路用樹脂層には、上記樹脂成分以外に、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。これらの粒子を含ませることにより光信号伝送用光路と、基板、層間樹脂絶縁層、ソルダーレジスト層等の間で熱膨張係数の整合を図ることができる。

上記粒子の具体例としては、上記封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

【0073】

また、上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、例えば、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。その形成が容易だからである。

【0074】

また、上記光信号伝送用光路の断面の径の望ましい下限は、 $100\mu\text{m}$ である。上記断面の径が $100\mu\text{m}$ 未満では、光路が塞がれてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層を形成することが困難になることがあるからである。一方、10

上記断面の径の望ましい上限は、 $500\mu\text{m}$ である。 $500\mu\text{m}$ より大きくしても光信号の伝送性はあまり向上せず、ICチップ実装用基板に形成する導体回路の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。
上記断面の径は、光信号の伝送性と設計の自由度とがともににより優れるとともに、未硬化の樹脂組成物を充填する際にも不都合が発生しないという点から、そのより望ましい下限が $250\mu\text{m}$ であり、より望ましい上限が $350\mu\text{m}$ である。なお、上記光信号伝送用光路の断面の径とは、上記光信号伝送用光路が円柱状の場合にはその断面の直径、楕円柱状の場合にはその断面の長径、四角柱状や多角柱状の場合にはその断面の最も長い部分の長さをいう。

【0075】

上記光信号伝送用光路は、その壁面に導体層が形成されていることが望ましく、上記導体層は、1層から構成されていてもよく、2層以上から構成されていてもよい。
上記導体層の材料としては、例えば、銅、ニッケル、クロム、チタン、貴金属等が挙げられる。

また、上記導体層は、場合によっては、スルーホールとしての役目、すなわち、基板を挟んだ導体回路間や、基板と層間樹脂絶縁層とを挟んだ導体回路間を電氣的に接続する役目を果たすことができる。

また、上記導体層の材料は、金、銀、ニッケル、白金、アルミニウム、ロジウム等の光沢を有する金属であってもよい。このような光沢を有する金属を用いて形成された導体層では、光信号が好適に反射することとなる。30

【0076】

また、上記導体層の上に、さらに、スズ、チタン、亜鉛等からなる被覆層や粗化層を設けてもよい。上記被覆層や粗化層を設けることにより、光路用樹脂層の密着性を向上させたりすることができる。

【0077】

また、上記光信号伝送用光路の内部に、導体層や光路用樹脂層が形成されている場合、これらは、基板や層間樹脂絶縁層と粗化面を介して接していてもよい。上記導体層が粗化面を介して接している場合には、基板や層間樹脂絶縁層との密着性に優れ、導体層等の剥離がより発生しにくくなるからである。

【0078】

このような構成からなる本発明の光通信用デバイスは、例えば、後述する本発明の光通信用デバイスの製造方法により製造することができる。40

【0079】

次に、本発明の光通信用デバイスの製造方法について説明する。

本発明の光通信用デバイスの製造方法は、少なくとも光学素子が実装されたICチップ実装用基板と、少なくとも光導波路が形成された多層プリント配線板とを別々に製造した後、

上記ICチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定し、

さらに、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物50

を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することを特徴とする。

【0080】

本発明の光通信デバイスの製造方法では、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることのない光通信デバイスを好適に製造することができる。

【0081】

また、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

従って、本発明の製造方法では、信頼性に優れる光通信デバイスを好適に製造することができる。

【0082】

上記光通信デバイスの製造方法では、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造する。

従って、ここでは、まず、ICチップ実装用基板の製造方法と、多層プリント配線板の製造方法とを別々に説明し、その後、封止樹脂層を形成する方法について説明することとする。

【0083】

まず、ICチップ実装用基板の製造方法について説明する。

(1) 絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。

上記絶縁性基板としては、例えば、ガラスエポキシ基板、ポリエステル基板、ポリイミド基板、ビスマレイミドトリアジン樹脂(BT樹脂)基板、熱硬化性ポリフェニレンエーテル基板、銅張積層板、RCC基板等が挙げられる。

また、窒化アルミニウム基板等のセラミック基板や、シリコン基板を用いてもよい。

上記導体回路は、例えば、上記絶縁性基板の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すことにより形成することができる。また、銅張積層板やRCC基板にエッチング処理を施すことにより形成してもよい。

【0084】

また、上記絶縁性基板を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場合には、例えば、上記絶縁性基板にドリルやレーザ等を用いて貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。

また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。

【0085】

(2) 次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。

上記粗化形成処理としては、例えば、黒化(酸化)還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液等を用いたエッチング処理、Cu-Ni-P針状合金めっきによる処理等を挙げることができる。

なお、この粗化形成処理は、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前に行い、スルーホールの壁面にも粗化面を形成してもよい。スルーホールと樹脂充填材との密着性が向上するからである。

【0086】

(3) 次に、導体回路を形成した基板上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂と含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。

上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコーター、カーテンコーター等により塗布したり、未硬化(半硬化)の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより形成することが

できる。

また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム状に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

【0087】

これらのなかでは、未硬化（半硬化）の樹脂フィルムを熱圧着する方法が望ましく、樹脂フィルムの圧着は、例えば、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。

また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力0.25～1.0MPa、温度40～70℃、真空度13～1300Pa、時間10～120秒程度の条件で行うことが望ましい。

【0088】

上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリオレフィン系樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリフェニレン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。

上記エポキシ樹脂の具体例としては、例えば、フェノールノボラック型、クレゾールノボラック型等のノボラック型エポキシ樹脂や、ジシクロペンタジエン変成した脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。

【0089】

上記感光性樹脂としては、例えば、アクリル樹脂等が挙げられる。

また、上記熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂としては、例えば、上記した熱硬化性樹脂の熱硬化基とメタクリル酸やアクリル酸とをアクリル化反応させたもの等が挙げられる。

【0090】

上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）ポリフェニレンサルファイド（PPES）、ポリフェニレンエーテル（PPE）ポリエーテルイミド（PI）等が挙げられる。

【0091】

また、上記樹脂複合体としては、熱硬化性樹脂や感光性樹脂（熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂も含む）と熱可塑性樹脂とを含むものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えばフェノール樹脂／ポリエーテルスルホン、ポリイミド樹脂／ポリスルホン、エポキシ樹脂／ポリエーテルスルホン、エポキシ樹脂／フェノキシ樹脂等が挙げられる。また、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えば、アクリル樹脂／フェノキシ樹脂、エポキシ基の一部をアクリル化したエポキシ樹脂とポリエーテルスルホン等が挙げられる。

【0092】

また、上記樹脂複合体における熱硬化性樹脂や感光性樹脂と熱可塑性樹脂との配合比率は、熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝95／5～50／50が望ましい。耐熱性を損なうことなく、高い靱性値を確保することができるからである。

【0093】

また、上記樹脂層は、2層以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。

具体的には、例えば、下層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝50／50の樹脂複合体から形成され、上層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝90／10の樹脂複合体から形成されている等である。

このような構成にすることにより、絶縁性基板との優れた密着性を確保するとともに、後工程でバイアホール用開口等を形成する際の形成容易性を確保することができる。

【0094】

また、上記樹脂層は、粗化面形成用樹脂組成物を用いて形成してもよい。

上記粗化面形成用樹脂組成物とは、例えば、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して難溶性の未硬化の耐熱性樹脂マトリックス中に、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質

が分散されたものである。

なお、上記「難溶性」および「可溶性」という語は、同一の粗化液に同一時間浸漬した場合に、相対的に溶解速度の早いものを便宜上「可溶性」といい、相対的に溶解速度の遅いものを便宜上「難溶性」と呼ぶ。

【0095】

上記耐熱性樹脂マトリックスとしては、層間樹脂絶縁層に上記粗化液を用いて粗化面を形成する際に、粗化面の形状を保持することができるものが好ましく、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、これらの複合体等が挙げられる。また、感光性樹脂を用いてもよい。なお、感光性樹脂を用いた場合には、層間樹脂絶縁層に露光、現像処理を用いてバイアホール用開口を形成することができる。

10

【0096】

上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂を感光化する場合は、メタクリル酸やアクリル酸等を用い、熱硬化基を（メタ）アクリル化反応させる。

【0097】

上記エポキシ樹脂としては、例えば、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、アルキルフェノールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、フェノール類とフェノール性水酸基を有する芳香族アルデヒドとの縮合物のエポキシ化物、トリグリシジルイソシアヌレート、脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。それにより、耐熱性等に優れるものとなる。

20

【0098】

上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、ポリフェニレンスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニルエーテル、ポリエーテルイミド等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

【0099】

上記酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質は、無機粒子、樹脂粒子および金属粒子から選ばれる少なくとも1種であることが望ましい。

30

【0100】

上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム、タルク等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物等からなるものが挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

【0101】

上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等からなるものが挙げられ、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に浸漬した場合に、上記耐熱性樹脂マトリックスよりも溶解速度の早いものであれば特に限定されず、具体的には、例えば、アミノ樹脂（メラミン樹脂、尿素樹脂、グアナミン樹脂等）、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、ビスマレイミドトリアジン樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。

40

なお、上記樹脂粒子は予め硬化処理されていることが必要である。硬化させておかないと上記樹脂粒子が樹脂マトリックスを溶解させる溶剤に溶解してしまうこととなるからである。

また、上記樹脂粒子としては、ゴム粒子や液相樹脂、液相ゴム等を用いてもよい。

50

【0102】

上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、スズ、亜鉛、ステンレス、アルミニウム、ニッケル、鉄、鉛等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。

また、上記金属粒子は、絶縁性を確保するために、表層が樹脂等により被覆されていてもよい。

【0103】

上記可溶性の物質を、2種以上混合して用いる場合、混合する2種の可溶性の物質の組み合わせとしては、樹脂粒子と無機粒子との組み合わせが望ましい。両者とも導電性が低い10ため、層間樹脂絶縁層の絶縁性を確保することができるとともに、難溶性樹脂との間で熱膨張の調整が図りやすく、粗化面形成用樹脂組成物からなる層間樹脂絶縁層にクラックが発生せず、層間樹脂絶縁層と導体回路との間で剥離が発生しないからである。

【0104】

上記粗化液として用いる酸としては、例えば、リン酸、塩酸、硫酸、硝酸や、蟻酸、酢酸等の有機酸等が挙げられるが、これらのなかでは有機酸を用いることが望ましい。粗化处理した場合に、バイアホールから露出する金属導体層を腐食させにくいからである。

上記酸化剤としては、例えば、クロム酸、クロム硫酸、アルカリ性過マンガン酸塩（過マンガン酸カリウム等）の水溶液等を用いることが望ましい。

また、上記アルカリとしては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等の水溶液が望ましい20。

【0105】

上記可溶性の物質の平均粒径は、 $10\mu\text{m}$ 以下が望ましい。

また、平均粒径が $2\mu\text{m}$ 以下の平均粒径の相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせ使用してもよい。すなわち、平均粒径が $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ の可溶性の物質と平均粒径が $1\sim 2\mu\text{m}$ の可溶性の物質とを組み合わせる等である。

【0106】

このように、平均粒子と相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせることにより、無電解めっき膜の溶解残渣をなくし、めっきレジスト下のパラジウム触媒量を少なくし、さらに、浅くて複雑な粗化面を形成することができる。

さらに、複雑な粗化面を形成することにより、粗化面の凹凸が小さくても実用的なピール30強度を維持することができる。

上記粗粒子は平均粒径が $0.8\mu\text{m}$ を超え $2.0\mu\text{m}$ 未満であり、微粒子は平均粒径が $0.1\sim 0.8\mu\text{m}$ であることが望ましい。

【0107】

(4)次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、貫通孔を形成してもよい。

上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間樹脂絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成してもよい。40

【0108】

また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。

また、この工程で貫通孔を形成する場合、該貫通孔は、ドリル加工やレーザ処理等により形成すればよい。

【0109】

上記レーザ処理に使用するレーザとしては、例えば、炭酸ガスレーザ、紫外線レーザ、エキシマレーザ等が挙げられる。これらのなかでは、エキシマレーザや短パルスの炭酸ガスレーザが望ましい。

【0110】

また、エキシマレーザのなかでも、ホログラム方式のエキシマレーザを用いることが望ましい。ホログラム方式とは、レーザ光をホログラム、集光レンズ、レーザマスク、転写レンズ等を介して目的物に照射する方式であり、この方式を用いることにより、一度の照射で樹脂フィルム層に多数の開口を効率的に形成することができる。

【0111】

また、炭酸ガスレーザを用いる場合、そのパルス間隔は、 $10^{-4} \sim 10^{-8}$ 秒であることが望ましい。また、開口を形成するためのレーザを照射する時間は、 $10 \sim 500 \mu$ 秒であることが望ましい。

また、光学系レンズと、マスクとを介してレーザ光を照射することにより、一度に多数のバイアホール用開口を形成することができる。光学系レンズとマスクとを介することにより、同一強度で、かつ、照射強度が同一のレーザ光を複数の部分に照射することができるからである。

このようにしてバイアホール用開口を形成した後、必要に応じて、デスミア処理を施してもよい。

【0112】

(5) 次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間樹脂絶縁層の表面に、導体回路を形成する。

導体回路を形成するにあたっては、まず、層間樹脂絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する

。上記薄膜導体層は、無電解めっき、スパッタリング等の方法により形成することができる

【0113】

上記薄膜導体層の材質としては、例えば、銅、ニッケル、スズ、亜鉛、コバルト、タリウム、鉛等が挙げられる。

これらのなかでは、電気特性、経済性等に優れる点から銅や銅およびニッケルからなるものが望ましい。

また、上記薄膜導体層の厚さとしては、無電解めっきにより薄膜導体層を形成する場合には、 $0.3 \sim 2.0 \mu$ mが望ましく、 $0.6 \sim 1.2 \mu$ mがより望ましい。また、スパッタリングにより形成する場合には、 $0.1 \sim 1.0 \mu$ mが望ましい。

【0114】

また、上記薄膜導体層を形成する前に、層間樹脂絶縁層の表面に粗化面を形成しておいてもよい。粗化面を形成することにより、層間樹脂絶縁層と薄膜導体層との密着性を向上させることができる。特に、粗化面形成用樹脂組成物を用いて層間樹脂絶縁層を形成した場合には、酸や酸化剤等を用いて粗化面を形成することが望ましい。

【0115】

また、上記(4)の工程で貫通孔を形成した場合には、層間樹脂絶縁層上に薄膜導体層を形成する際に、貫通孔の壁面にも薄膜導体層を形成することによりスルーホールとしてもよい。

【0116】

(6) 次に、その表面に薄膜導体層が形成された基板の上にめっきレジストを形成する

。上記めっきレジストは、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成することができる。

【0117】

(7) その後、薄膜導体層をめっきリードとして電気めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電気めっき層を形成する。上記電気めっきとしては、銅めっきが望ましい。

また、上記電気めっき層の厚さは、 $5 \sim 20 \mu$ mが望ましい。

【0118】

その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の無電解めっき膜および薄膜導体層とを除去することにより導体回路（バイアホールを含む）を形成することができる。

上記めっきレジストの除去は、例えば、アルカリ水溶液等を用いて行えばよく、上記薄膜導体層の除去は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行えばよい。

また、上記導体回路を形成した後、必要に応じて、層間樹脂絶縁層上の触媒を酸や酸化剤を用いて除去してもよい。電気特性の低下を防止することができるからである。

【0119】

なお、ここに記載した導体回路の形成方法は、アディティブ法であるが、本発明の製造方法における導体回路の形成方法は、アディティブ法に限定されるわけではなく、例えば、サブトラクティブ法であってもよい。

以下、サブトラクティブ法により導体回路を形成する方法について簡単に説明する。

【0120】

すなわち、まず、バイアホール用開口を有する層間樹脂絶縁層を形成した後、さらに、上記（5）の工程と同様にして、バイアホール用開口の壁面を含む層間樹脂絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

【0121】

次に、上記薄膜導体層上の全面に電気めっき層等を形成することにより、導体層の厚さを厚くする。なお、電気めっき層等の形成は、必要に応じて行えばよい。

次いで、上記導体層上にエッチングレジストを形成する。

上記エッチングレジストは、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、該感光性ドライフィルム上にフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成する。

【0122】

さらに、上記エッチングレジスト非形成部下の導体層をエッチング処理により除去し、その後、エッチングレジストを剥離することにより層間樹脂絶縁層上に独立した導体回路（バイアホールを含む）を形成する。

なお、上記エッチング処理は、例えば、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行うことができ、エッチングレジストの剥離は、アルカリ水溶液等を用いて行うことができる。

このような方法を用いた場合にも、層間樹脂絶縁層上に導体回路を形成することができる。

【0123】

なお、導体回路の形成方法として、アディティブ法を選択するか、サブトラクティブ法を選択するかは、導体回路の幅や間隔、実装するICチップや光学素子、その他の各種電子部品等の接続端子の数やピッチ等を考慮して適宜選択すればよい。

【0124】

また、上記（4）および（5）の工程においてスルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。

また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合、必要に応じて、無電解めっきを行うことにより樹脂充填材層の表層部を覆う蓋めっき層を形成してもよい。

【0125】

（8）次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、必要に応じて、（3）～（7）の工程を繰り返すことにより、その両面に層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。

【0126】

また、光学素子が多層プリント配線板に対向する側と基板を挟んで反対側に実装され、光信号伝送用光路が形成されたICチップ実装用基板を製造する場合には、上記（8）の工程において、基板と層間樹脂絶縁層とを貫通する貫通孔（以下、光路用貫通孔という）を形成し、さらに、必要に応じて、該光路用貫通孔内に光路用樹脂層を形成する。

また、その壁面に導体層が形成された光信号伝送用光路を形成する場合には、上記(8)の工程において、最外層の導体回路を形成する前に、基板と層間樹脂絶縁層とを貫通する光路用貫通孔を形成しておき、この導体回路を形成する際に同時に光路用貫通孔の壁面に導体層を形成すればよい。なお、上記導体層の形成と最外層の導体回路の形成とは別々に行ってもよい。

【0127】

上記光路用貫通孔の形成は、例えば、ドリル加工やレーザ処理等により行えばよい。

また、上記光路用貫通孔の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、光学素子やICチップの実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。

さらに、上記光路用貫通孔を形成する場合、該光路用貫通孔は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。

【0128】

光路用貫通孔を形成した後は、必要に応じて、デスミア処理を行ってもよい。上記デスミア処理は、例えば、過マンガン酸溶液による処理や、プラズマ処理、コロナ処理等を用いて行うことができる。なお、上記デスミア処理を行うことにより、光路用貫通孔内の樹脂残り、バリ等を除去することができ、光信号伝送用光路の壁面での乱反射に起因した伝送損失を低下させることができる。

【0129】

また、上記光路用貫通孔の壁面には、粗化面を形成してもよい。粗化面を形成することにより、導体層や光路用樹脂層との密着性の向上をはかることができるからである。

上記粗化面の形成は、例えば、硫酸、塩酸、硝酸等の酸；クロム酸、クロム硫酸、過マンガン酸塩等の酸化剤等により、基板や層間樹脂絶縁層等の光路用貫通孔を形成した際に露出した部分を溶解することにより行うことができる。また、プラズマ処理やコロナ処理等により行うこともできる。

さらには、上記導体層を形成した後、該導体層の表面に粗化面を形成してもよい。

【0130】

上記光路用樹脂層の形成は、上記光路用貫通孔内に未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより行う。

未硬化の樹脂組成物を充填する方法としては特に限定されず、例えば、印刷やポッティング等の方法を用いることができる。

なお、未硬化の樹脂組成物の充填を印刷により行う場合、該樹脂組成物は1回で充填してもよいし、2回以上に分けて充填してもよい。また、多層配線板の両側から印刷を行ってもよい。

【0131】

また、未硬化の樹脂組成物の充填を行う際には、上記光路用貫通孔の内積よりも少し多い量の未硬化の樹脂組成物を充填し、充填終了後、光路用貫通孔から溢れた余分な樹脂組成物を除去してもよい。

上記余分な樹脂組成物の除去は、例えば、研磨等により行うことができる。また、余分な樹脂組成物を除去する場合、樹脂組成物の状態は半硬化状態であってもよいし、完全に硬化した状態であってもよく、樹脂組成物の材料等を考慮して適宜選択すればよい。

このような処理を行うことにより、上記多層配線板を貫通する光信号伝送用光路を形成することができる。

【0132】

(9)次に、導体回路と層間樹脂絶縁層とを形成した基板の最外層にソルダーレジスト層を形成する。

上記ソルダーレジスト層は、例えば、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂等からなるソルダーレジスト組成物を用いて形成することができる。

【0133】

また、上記以外のソルダーレジスト組成物としては、例えば、ノボラック型エポキシ樹脂

の(メタ)アクリレート、イミダゾール硬化剤、2官能性(メタ)アクリル酸エステルモノマー、分子量500~5000程度の(メタ)アクリル酸エステルの重合体、ビスフェノール型エポキシ樹脂等からなる熱硬化性樹脂、多価アクリル系モノマー等の感光性モノマー、グリコールエーテル系溶剤などを含むペースト状の流動体が挙げられ、その粘度は25℃で1~10Pa・sに調整されていることが望ましい。

また、市販のソルダーレジスト組成物を用いてもよい。

【0134】

(10)次に、上記ソルダーレジスト層に、半田バンプ形成用開口(ICチップを実装するための開口や多層プリント配線板と接続するための開口)と光学素子実装用開口とを形成する。

10

上記半田バンプ形成用開口や上記光学素子実装用開口の形成は、例えば、バイアホール用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザー処理等を用いて行うことができる。

また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光学素子実装用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

【0135】

なお、光信号伝送用光路を有するICチップ実装用基板を製造する場合には、この工程で、上記光路用貫通孔に連通した光路用開口をソルダーレジスト層に形成することが望ましい。また、光路用開口を形成した場合には、該光路用開口内に樹脂組成物を充填してもよく、上記樹脂組成物としては、上記光路用貫通孔内に充填する樹脂組成物と同様のもの等が挙げられる。

20

【0136】

(11)次に、上記半田バンプ形成用開口や上記光学素子実装用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケル-金、ニッケル-銀、ニッケル-パラジウム、ニッケル-パラジウム-金等の金属により被覆層を形成することが望ましい。

上記被覆層は、例えば、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。また、この工程では、光学素子実装用開口を形成することにより露出した導体回路部分にも被覆層(光学素子との電気的な接続を図るための導体層)を形成することが望ましい。

30

【0137】

(12)次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してICチップを実装したり、多層プリント配線板を接続したりすることが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するICチップや接続する多層プリント配線板のバンプを介して、これらとICチップ実装用基板とを電気的に接続することができる。

40

【0138】

(13)さらに、ソルダーレジスト層に光学素子(受光素子および発光素子)を実装する。光学素子の実装は、該光学素子の接続態様(例えば、ワイヤボンディングやフリップチップボンディング等)に応じて行えばよく、ワイヤボンディングやフリップチップボンディングにより接続する具体的な方法としては、従来公知の方法を用いることができる。

【0139】

また、上記光学素子は、その一部または全部がソルダーレジスト層に埋設されるように実装してもよいし、その全部を埋設せず、表面に実装してもよい。

従って、上記(10)の工程で形成する光学素子実装用開口の大きさは、光学素子の実装

50

態様に応じて、適宜決定すればよい。

さらに、この工程では、光学素子を実装した後、その周囲を樹脂封止してもよい。

【0140】

次に、多層プリント配線板の製造方法について説明する。

(1) まず、上記ICチップ実装用基板の製造方法の(1)～(2)の工程と同様にして、基板の両面に導体回路を形成するとともに、基板を挟んだ導体回路間を接続するスルーホールを形成する。また、この工程でも、導体回路の表面やスルーホールの壁面に、必要に応じて、粗化面を形成する。

【0141】

(2) 次に、必要に応じて、導体回路を形成した基板上に層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層形成する。

具体的には、上記ICチップ実装用基板の製造方法の(3)～(8)の工程と同様の方法を用いて、層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層形成すればよい。

この工程においても、ICチップ実装用基板を製造する場合と同様、基板と層間樹脂絶縁層とを貫通するスルーホールを形成したり、蓋めつき層を形成したりしてもよい。

なお、この(2)の工程、すなわち、層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層する工程は、1回のみ行ってもよいし、複数回行ってもよい。

また、この工程で層間樹脂絶縁層上に導体回路を形成する方法としては、ICチップ実装用基板を製造する場合と同様、サブトラクティブ法を用いてもよい。

【0142】

また、後述する工程で光導波路を形成する際に、該光導波路をICチップ実装用基板に対向する側と基板を挟んで反対側の層間樹脂絶縁層上等に形成する場合には、この工程において、上述したICチップ実装用基板の製造方法で説明した方法と同様の方法で、必要に応じてその内部に光路用樹脂層が形成されたり、その壁面に導体層が形成された光路用貫通孔を形成する。

なお、この基板等を貫通する光路用貫通孔(光信号伝送用光路)の形成は、下記(3)の工程で光導波路を形成した後に行ってもよい。

【0143】

(3) 次に、ICチップ実装用基板と対向する側の基板上、または、層間樹脂絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。

上記光導波路の形成は、その材料に石英ガラス等の無機材料を用いて行う場合、予め、所定の形状に成形しておいた光導波路を接着剤を介して取り付けることにより行うことができる。

また、上記無機材料からなる光導波路は、例えば、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 等の無機材料を液相エピタキシャル法、化学堆積法(CVD)、分子線エピタキシャル法等により成膜させることにより形成することができる。

【0144】

また、ポリマー材料からなる光導波路を形成する方法としては、例えば、▲1▼予め離型フィルム上等にフィルム状に成形しておいた光導波路形成用フィルムを層間樹脂絶縁層上に張り付ける方法や、▲2▼層間樹脂絶縁層上に下部クラッド、コア、上部クラッドを順次積層形成していくことにより、上記層間樹脂絶縁層上に直接光導波路を形成する方法等が挙げられる。

なお、光導波路の形成方法としては、離型フィルム上に光導波路を形成する場合も、層間樹脂絶縁層上に光導波路を形成する場合も同様の方法を用いて行うことができる。

具体的には、例えば、反応性イオンエッチングを用いた方法、露光現像法、金型形成法、レジスト形成法、これらを組み合わせた方法等を用いることができる。

【0145】

上記反応性イオンエッチングを用いた方法では、(i)まず、離型フィルムや層間樹脂絶縁層等(以下、単に離型フィルム等という)の上に下部クラッドを形成し、(ii)次に、この下部クラッド上にコア用樹脂組成物を塗布し、さらに、必要に応じて、硬化処理を

施すことによりコア形成用樹脂層とする。(i i i) 次に、上記コア形成用樹脂層上に、マスク形成用の樹脂層を形成し、次いで、このマスク形成用の樹脂層に露光現像処理を施すことにより、コア形成用樹脂層上にマスク(エッチングレジスト)を形成する。

【0146】

(i v) 次に、コア形成用樹脂層に反応性イオンエッチングを施すことにより、マスク非形成部分のコア形成用樹脂層を除去し、下部クラッド上にコアを形成する。(v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。この反応性イオンエッチングを用いた方法は、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

【0147】

また、露光現像法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(i i) 次に、この下部クラッド上にコア用樹脂組成物を塗布し、さらに、必要に応じて、半硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂組成物の層を形成する。

【0148】

(i i i) 次に、上記コア形成用樹脂組成物の層上に、コア形成部分に対応したパターンが描画されたマスクを載置し、その後、露光現像処理を施すことにより、下部クラッド上にコアを形成する。(i v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

この露光現像法は、工程数が少ないため、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、また、加熱工程が少ないため、光導波路に応力が発生しにくい。

【0149】

また、上記金型形成法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(i i) 次に、下部クラッドに金型形成によりコア形成用の溝を形成する。(i i i) さらに、上記溝内にコア用樹脂組成物を印刷により充填し、その後、硬化処理を施すことによりコアを形成する。(i v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

この金型形成法は、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

【0150】

また、上記レジスト形成法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(i i) さらに、この下部クラッド上にレジスト用樹脂組成物を塗布した後、露光現像処理を施すことにより、上記下部クラッド上のコア非形成部分に、コア形成用レジストを形成する。

【0151】

(i i i) 次に、下部クラッド上のレジスト非形成部分にコア用樹脂組成物の塗布し、(i v) さらに、コア用樹脂組成物を硬化した後、上記コア形成用レジストを剥離することにより、下部クラッド上にコアを形成する。(v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。

このレジスト形成法は、この金型形成法は、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

【0152】

また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。

上記光路変換ミラーを層間樹脂絶縁層上に取り付け前に形成しておいてもよいし、層間樹脂絶縁層上に取付けた後に形成してもよいが、該光導波路を層間樹脂絶縁層上に直接形成する場合を除いて、予め光路変換ミラーを形成しておくことが望ましい。作業を容易に行うことができ、また、作業時に多層プリント配線板を構成する他の部材、例えば、基板や導体回路、層間樹脂絶縁層等に傷を付けたり、これらを破損させたりするおそれがないからである。

【0153】

10

20

30

40

50

上記光路変換ミラーを形成する方法としては特に限定されず、従来公知の形成方法を用いることができる。具体的には、先端がV形90°のダイヤモンドソーや刃物による機械加工、反応性イオンエッチングによる加工、レーザアブレーション等を用いることができる。

。なお、ここでは、基板上または最外層の層間樹脂絶縁層上に光導波路を形成する方法について説明したが、上記多層プリント配線板を製造する場合には、上記光導波路は、基板と層間樹脂絶縁層との間や、層間樹脂絶縁層同士の間形成する場合もある。

【0154】

基板と層間樹脂絶縁層との間に光導波路を形成する場合には、上記(1)の工程で、その両面に導体回路が形成された基板を作製した後、上記(3)の工程と同様の方法で基板上の導体回路非形成部分に光導波路を形成し、その後、上記(2)の工程と同様の方法で層間樹脂絶縁層を形成することにより、上記した位置に光導波路を形成することができる。

【0155】

また、層間樹脂絶縁層同士の上に光導波路を形成する場合には、上記(1)および(2)の工程と同様にして導体回路が形成された基板上に少なくとも1層の層間樹脂絶縁層を積層形成した後、上記(3)の工程と同様にして層間樹脂絶縁層上に光導波路を形成し、その後、さらに、上記(2)の工程と同様の工程を繰り返すことにより、層間樹脂絶縁層同士の上に光導波路を形成することができる。

【0156】

(4)次に、光導波路を形成した基板の最外層にソルダーレジスト層を形成する。
上記ソルダーレジスト層は、例えば、上記ICチップ実装用基板のソルダーレジスト層を形成する際に用いた樹脂組成物と同様の樹脂組成物を用いて形成することができる。
なお、場合によっては、上記(3)の工程で基板の最外層全体に光導波路を形成し、光導波路がソルダーレジスト層としての役割を果たすようにしてもよい。

【0157】

(5)次に、ICチップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層に半田バンプ形成用開口(ICチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装するための開口)と光路用開口とを形成する。

上記半田バンプ形成用開口と光路用開口との形成は、ICチップ実装用基板に半田バンプ形成用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザ処理等を用いて行うことができる。

なお、上記半田バンプ形成用開口の形成と、光路用開口の形成とは同時に行ってもよいし、別々に行ってもよい。

【0158】

これらのなかでは、ソルダーレジスト層を形成する際に、その材料として感光性樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、露光現像処理を施すことにより半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する方法を選択することが望ましい。

露光現像処理により光路用開口を形成する場合には、開口形成時に、該光路用開口の下に存在する光導波路に傷を付けるおそれがないからである。

また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光路用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

なお、光路用貫通孔を形成し、ICチップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成した場合には、この工程で光路用開口を形成する際に、該光路用開口を上記光路用貫通孔と連通するように形成する。

【0159】

また、必要に応じて、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも半田バンプ形成用開口を形成してもよい。

後工程を経ることにより、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも外部接続端子を形成することができるからである。

【0160】

(6) 次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。具体的には、ICチップ実装用基板の製造方法の(11)の工程と同様の方法を用いて行えばよい。

【0161】

(7) 次に、必要に応じて、上記(5)の工程で形成した光路用開口内に、未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成する。

なお、この工程で充填する未硬化の樹脂組成物は、ICチップ実装用基板の製造工程で、光路用貫通孔および光路用開口に充填する樹脂組成物と同一のものであることが望ましい 10

また、上述したように、ICチップ実装用基板に対向する側と基板を挟んだ反対側に光導波路を形成するために、光路用貫通孔と光路用開口とを形成した場合にも、該光路用貫通孔と該光路用開口とに未硬化の樹脂組成物を充填してもよく、ここで、上記未硬化の樹脂組成物を充填する場合には、上記光路用貫通孔と上記光路用開口とに同時に充填し、その後硬化処理を施してもよいし、多層配線板に光路用貫通孔を形成した後、未硬化の樹脂組成物の充填と硬化処理とを行い、その後、光路用開口を有するソルダーレジスト層を形成し、さらに、未硬化の樹脂組成物の充填と硬化処理とを行ってもよい。

【0162】

(8) 次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記 20
半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。

このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してICチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装することが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するICチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品のバンプを介してこれらを実装することができる。

また、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層では、特に、外部接続端子を形成しなくてもよいし、必要に応じて、ピンを配設したり、半田ボールを形成したりすることにより、PGA (Pin Grid Array) やBGA (Ball 30
Grid Array) としてもよい。

このような工程を経ることにより、本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造することができる。

【0163】

本発明の光通信用デバイスの製造方法では、次に、ICチップ実装用基板の光学素子と多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定する。

ここでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置した後、上記ICチップ実装用基板の半田バンプと、上記多層プリント配線板の半田バンプとにより半田接続部を形成し、両者を電気的に接続するとともに、両者を固定する。すなわち、ICチップ 40
実装用基板と多層プリント配線板とをそれぞれ所定の位置に、所定の向きで対向配置し、リフローすることにより両者を接続する。

なお、上述したように、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との両者を固定するための半田バンプは、両者のどちらか一方にのみ形成されていてもよい。

【0164】

また、この工程では、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを両者の半田バンプを用いて接続するため、両者を対向配置した際に、両者の間で若干の位置ズレが存在していても、リフロー時に半田の有するセルフアライメント効果により両者を所定の位置に配置することができる。

【0165】

次に、上記 IC チップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に、封止用樹脂組成物を流し込み、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成する。

上記封止用樹脂組成物としては、上述した PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化 PMMA、重水素フッ素化 PMMA 等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV 硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等の樹脂成分と、必要に応じて含まれる粒子とに加えて、硬化剤や消泡剤、酸無水物、溶剤等の各種添加剤が適宜配合されたもの等が挙げられる。

また、上記封止用樹脂組成物は、硬化後の通信波長光の透過率が 70% 以上であることが望ましく、90% 以上であることがより望ましい。

10

【0166】

ここで、IC チップ実装用基板および多層プリント配線板の間に流し込む封止用樹脂組成物の粘度や、該封止用樹脂組成物を流し込んだ後の硬化処理の条件としては、封止用樹脂組成物の組成、IC チップ実装用基板および多層プリント配線板の設計等を考慮して適宜選択すればよい。

【0167】

次に、IC チップ実装用基板に IC チップを実装し、その後、必要に応じて、IC チップの樹脂封止を行うことにより光通信用デバイスとする。

上記 IC チップの実装は従来公知の方法で行うことができる。

また、IC チップの実装を、IC チップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する前に行い、IC チップを実装した IC チップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続することにより光通信用デバイスとしてもよい。

20

なお、IC チップを樹脂封止する際に用いる樹脂組成物としては、従来公知の IC チップ封止用樹脂組成物を用いることができ、この樹脂組成物には、粒子が配合されていてもよい。

【0168】

【実施例】

以下、本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例 1）

A. IC チップ実装用基板の作製

30

A-1. 層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムの作製

ビスフェノール A 型エポキシ樹脂（エポキシ当量 469、油化シェルエポキシ社製エピコート 1001）30 重量部、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（エポキシ当量 215、大日本インキ化学工業社製 エピクロン N-673）40 重量部、トリアジン構造含有フェノールノボラック樹脂（フェノール性水酸基当量 120、大日本インキ化学工業社製 フェノライト KA-7052）30 重量部をエチルジグリコールアセテート 20 重量部、ソルベントナフサ 20 重量部に攪拌しながら加熱溶解させ、そこへ末端エポキシ化ポリブタジエンゴム（ナガセ化成工業社製 デナレックス R-45EPT）15 重量部と 2-フェニル-4,5-ビス（ヒドロキシメチル）イミダゾール粉末品 1.5 重量部、微粉碎シリカ 2 重量部、シリコン系消泡剤 0.5 重量部を添加しエポキシ樹脂組成物を調製した。

40

得られたエポキシ樹脂組成物を厚さ 38 μm の PET フィルム上に乾燥後の厚さが 50 μm となるようにロールコーターを用いて塗布した後、80~120℃で 10 分間乾燥させることにより、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

【0169】

A-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

ビスフェノール F 型エポキシモノマー（油化シェル社製、分子量：310、YL983U）100 重量部、表面にシランカップリング剤がコーティングされた平均粒径が 1.6 μm で、最大粒子の直径が 15 μm 以下の SiO_2 球状粒子（アドテック社製、CRS 1101-CE）170 重量部およびレベリング剤（サンプロコ社製 ペレノール S4）1

50

． 5重量部を容器にとり、攪拌混合することにより、その粘度が $23 \pm 1^\circ\text{C}$ で $45 \sim 49 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ の樹脂充填材を調製した。なお、硬化剤として、イミダゾール硬化剤（四国化成社製、2E4MZ-CN）6．5重量部を用いた。

【0170】

A-3．ICチップ実装用基板の製造

（1）厚さ0．8mmのガラスエポキシ樹脂またはBT（ビスマレイミドトリアジン）樹脂からなる絶縁性基板21の両面に $18 \mu\text{m}$ の銅箔28がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした（図4（a）参照）。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板21の両面に導体回路24とスルーホール29とを形成した（図4（b）参照）。 10

【0171】

（2）スルーホール29と導体回路24とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、 NaOH （ 10 g/l ）、 NaClO_2 （ 40 g/l ）、 Na_3PO_4 （ 6 g/l ）を含む水溶液を黒化浴（酸化浴）とする黒化处理、および、 NaOH （ 10 g/l ）、 NaBH_4 （ 6 g/l ）を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、スルーホール29を含む導体回路24の表面に粗化面（図示せず）を形成した。

【0172】

（3）上記A-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール29内および基板21上の導体回路非形成部と導体回路24の外縁部とに樹脂充填材30'の層を形成した。 20

すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、 100°C 、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、 100°C 、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材30'の層を形成した（図4（c）参照）。

【0173】

（4）上記（3）の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路24の表面やスルーホール29のランド表面に樹脂充填材30'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。 30

次いで、 100°C で1時間、 120°C で3時間、 150°C で1時間、 180°C で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層30を形成した。

【0174】

このようにして、スルーホール29や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材30の表層部および導体回路24の表面を平坦化し、樹脂充填材30と導体回路24の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール29の内壁面と樹脂充填材30とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図4（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層30の表面と導体回路24の表面とが同一平面となる。 40

【0175】

（5）上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路24の表面とスルーホール29のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路24の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅（II）錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液（メック社製、メックエッチボンド）を使用した。

【0176】

（6）次に、上記A-1で作製した基板より少し大きめの層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力 0.4 MPa 、温度 80°C 、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることによ 50

り層間樹脂絶縁層 22 を形成した (図 4 (e) 参照)。

すなわち、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度 65 Pa、圧力 0.4 MPa、温度 80、時間 60 秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

【0177】

(7) 次に、層間樹脂絶縁層 22 上に、厚さ 1.2 mm の貫通孔が形成されたマスクを介して、波長 10.4 μm の CO_2 ガスレーザにて、ビーム径 4.0 mm、トップハットモード、パルス幅 8.0 μs 、マスクの貫通孔の径 1.0 mm、1 ショットの条件で層間樹脂絶縁層 22 に、直径 80 μm のバイアホール用開口 26 を形成した (図 5 (a) 参照)

10

【0178】

(8) バイアホール用開口 26 を形成した基板を、60 g/l の過マンガン酸を含む 80℃の溶液に10分間浸漬し、層間樹脂絶縁層 22 の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口 26 の内壁面を含むその表面に粗化面 (図示せず) を形成した。

【0179】

(9) 次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液 (シブレイ社製) に浸漬してから水洗いした。

さらに、粗面化処理 (粗化深さ 3 μm) した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間樹脂絶縁層 22 の表面 (バイアホール用開口 26 の内壁面を含む) に触媒核を付着させた (図示せず)。すなわち、上記基板を塩化パラジウム (PdCl_2) と塩化第一スズ (SnCl_2) とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

【0180】

(10) 次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層 22 の表面 (バイアホール用開口 26 の内壁面を含む) に厚さ 0.6 ~ 3.0 μm の無電解銅めっき膜 32 を形成した (図 5 (b) 参照)。

【0181】

[無電解めっき水溶液]

NiSO_4	0.003	mol/l
酒石酸	0.200	mol/l
硫酸銅	0.030	mol/l
HCHO	0.050	mol/l
NaOH	0.100	mol/l
α 、 α' -ピピリジル	100	mg/l
ポリエチレングリコール (PEG)	0.10	g/l

30

[無電解めっき条件]

30℃の液温度で40分

【0182】

(11) 次に、無電解銅めっき膜 32 が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100 mJ/cm^2 で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ 20 μm のめっきレジスト 23 を設けた (図 5 (c) 参照)。

【0183】

(12) ついで、基板を 50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト 23 非形成部に、厚さ 20 μm の電解銅めっき膜 33 を形成した (図 5 (d) 参照)。

【0184】

[電解めっき液]

硫酸 2.24 mol/l

50

硫酸銅 0.26 mol/l
 添加剤 19.5 ml/l
 (アトテックジャパン社製、カバラシドGL)
 [電解めっき条件]
 電流密度 1 A/dm²
 時間 65 分
 温度 22±2 °C

【0185】

(13) さらに、めっきレジスト23を5%NaOHで剥離除去した後、めっきレジスト23下の無電解めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、無電解銅めっき膜32と電解銅めっき膜33とからなる厚さ18μmの導体回路25(バイアホール27を含む)を形成した(図6(a)参照)。

【0186】

(14) 次に、上記(5)～(12)の工程を繰り返すことにより、上層の層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層形成した(図6(b)、(c)参照)
 さらに、上記(5)の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液(メックエッチボンド)を用い、導体回路25(バイアホール27を含む)表面に粗化面(図示せず)を形成した。

【0187】

(15) 次に、ジエチレングリコールジメチルエーテル(DMDG)に60重量%の濃度になるように溶解させた、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂(日本化薬社製)のエポキシ基50%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー(分子量:4000)46.67重量部、メチルエチルケトンに溶解させた80重量%のビスフェノールA型エポキシ樹脂(油化シェル社製、商品名:エピコート1001)15.0重量部、イミダゾール硬化剤(四国化成社製、商品名:2E4MZ-CN)1.6重量部、感光性モノマーである2官能アクリルモノマー(日本化薬社製、商品名:R604)4.5重量部、同じく多価アクリルモノマー(共栄化学社製、商品名:DPE6A)1.5重量部、分散系消泡剤(サンノブコ社製、S-65)0.71重量部を容器にとり、攪拌、混合して混合組成物を調製し、この混合組成物に対して光重合開始剤としてベンゾフェノン(関東化学社製)2.0重量部、光増感剤としてのミヒラケトン(関東化学社製)0.2重量部、を加えることにより、粘度を25℃で2.0Pa・sに調整したソルダーレジスト組成物を得た。
 なお、粘度測定は、B型粘度計(東京計器社製、DVL-B型)で60min⁻¹(rpm)の場合はローターNo.4、6min⁻¹(rpm)の場合はローターNo.3によった。

【0188】

(16) 次に、層間樹脂絶縁層22と導体回路25(バイアホール27を含む)とを形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を30μmの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジス組成物の層34'を形成した(図7(a)参照)。

【0189】

(17) 次いで、半田バンプ形成用開口と光学素子(受光素子および発光素子)実装用開口のパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクを一方のソルダーレジスト組成物の層に密着させて1000mJ/cm²の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理した。
 そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、半田バンプ形成用開口35と光学素子実装用開口31とを有し、その厚さが20μmのソルダーレジスト層34を形成した。なお、半田バンプ形成用開口35は、その直径が150μmであり、その間隔が250μmである。

また、他方のソルダーレジスト組成物の層には、ICチップを実装するための開口のパターンが描画されたフォトマスクを密着させ、上記した露光現像条件と同様の条件で露光現

像処理を施すことにより、ICチップを実装するための開口35を形成した(図7(b)参照)。

なお、半田バンプ形成用開口の直径は、通常、50~200 μ m程度であり、その間隔は、通常、100~250 μ m程度である。

【0190】

(18)次に、ソルダーレジスト層34を形成した基板を、塩化ニッケル(2.3×10^{-1} mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(2.8×10^{-1} mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.6×10^{-1} mol/l)を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田バンプ形成用開口35と光学素子実装用開口31に厚さ5 μ mのニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム(7.6×10^{-3} mol/l)、塩化アンモニウム(1.9×10^{-1} mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.2×10^{-1} mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(1.7×10^{-1} mol/l)を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03 μ mの金めっき層を形成し、半田パッド36および光学素子接続用パッド42とした。

【0191】

(19)次に、ソルダーレジスト層34を形成した光学素子実装用開口31内にダイボンディング用樹脂を用いて、受光素子38および発光素子39を受光部および発光部の位置合わせを行いながら取り付けた。

なお、受光素子38としては、InGaAsからなるものを用い、発光素子39としてはInGaAsPからなるものを用いた。

次に、受光素子38および発光素子39と、光学素子実装用開口31の底面に露出した光学素子接続用パッド42とをワイヤボンディングにより接続した。ここでワイヤ45としては、Au製のワイヤを用いた。

【0192】

次に、光学素子38および発光素子39の周囲を下記の方法により樹脂封止した。すなわち、光学素子38、39を実装した光学素子実装用開口31内に、熱硬化型エポキシ樹脂、1~10 μ mの粒度分布で平均粒径5 μ mの粒子、酸無水物、消泡剤および硬化剤を含む未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより、光学素子の周囲を樹脂47により封止した。

【0193】

(20)次に、ソルダーレジスト層34に形成した半田バンプ形成用開口35に半田ペーストを印刷し、200℃でリフローすることにより半田バンプ37を形成し、さらに、ICチップを実装するための開口にも同様に半田バンプを形成し、ICチップ実装用基板とした。

【0194】

B. 多層プリント配線板の作製

B-1. 層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムの作製

A-1で用いた方法と同様の方法を用いて層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

B-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

A-2で用いた方法と同様の方法を用いて貫通孔充填用樹脂組成物を作製した。

【0195】

B-3. 多層プリント配線板の製造

(1)厚さ0.6mmのガラスエポキシ樹脂またはBT樹脂からなる絶縁性基板1の両面に18 μ mの銅箔8がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした(図9(a)参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板1の両面に導体回路4とスルーホール9とを形成した(図9(b)参照)。

【0196】

(2)スルーホール9と導体回路4とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、エッチン

グ液（メック社製、メックエッチボンド）をスプレーで吹き付け、スルーホール9を含む導体回路4の表面に粗化面（図示せず）を形成した。

【0197】

（3）上記B-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール9内および基板1上の導体回路非形成部と導体回路4の外縁部とに樹脂充填材10'の層を形成した。

すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材10'の層を形成した（図9（c）参照）。 10

【0198】

（4）上記（3）の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙（三共理化学社製）を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路4の表面やスルーホール9のランド表面に樹脂充填材10'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。

次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層10を形成した。

【0199】

このようにして、スルーホール9や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材10の表面部および導体回路4の表面を平坦化し、樹脂充填材10と導体回路4の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール9の内壁面と樹脂充填材10とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た（図9（d）参照）。この工程により、樹脂充填材層10の表面と導体回路4の表面とが同一平面となる。 20

【0200】

（5）上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路4の表面とスルーホール9のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路4の全表面に粗化面（図示せず）を形成した。なお、エッチング液としては、メック社製、メックエッチボンドを使用した。 30

【0201】

（6）次に、上記B-1で作製した基板より少し大きめの層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間樹脂絶縁層2を形成した（図10（a）参照）。すなわち、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

【0202】

（7）次に、層間樹脂絶縁層2上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO₂ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間樹脂絶縁層2に、直径80μmのバイアホール用開口6を形成した（図10（b）参照）。 40

【0203】

（8）バイアホール用開口6を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間樹脂絶縁層2の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口6の内壁面を含むその表面に粗化面（図示せず）を形成した。

【0204】

（9）次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液（シブレイ社製）に浸漬してから水洗いした。 50

さらに、粗化面処理（粗化深さ $3\ \mu\text{m}$ ）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間樹脂絶縁層 2 の表面（バイアホール用開口 6 の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。すなわち、上記基板を塩化パラジウム（ PdCl_2 ）と塩化第一スズ（ SnCl_2 ）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

【0205】

（10）次に、基板を無電解銅めっき水溶液中に浸漬し、層間樹脂絶縁層 2 の表面（バイアホール用開口 6 の内壁面を含む）に厚さ $0.6 \sim 3.0\ \mu\text{m}$ の無電解銅めっき膜 12 を形成した（図 10（c）参照）。

なお、使用した無電解めっき水溶液、および、無電解めっき条件は、ICチップ実装用基板の製造工程の（10）と同様である。

【0206】

（11）無電解めっき膜 12 を形成した基板を水洗し、その後、電解めっきを施し、無電解めっき膜 12 上全体に、厚さ $20\ \mu\text{m}$ の電解銅めっき膜 13 を形成した（図 11（a）参照）。

なお、使用した電解めっき水溶液、および、電解めっき条件は、ICチップ実装用基板の製造工程の（12）と同様である。

【0207】

（12）次に、電解銅めっき膜 13 が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光し、 0.8% 炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、エッチングレジスト 3 を形成した（図 11（b）参照）。

【0208】

（13）次に、エッチングレジスト非形成部下の電解銅めっき膜と無電解めっき膜とを、硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、その後、エッチングレジストを 5% NaOH 溶液で剥離除去することにより無電解銅めっき膜 12 と電解銅めっき膜 13 とからなる導体回路 7（バイアホール 5 を含む）を形成した（図 11（c）参照）。

さらに、エッチング液（メックエッチボンド）を用い、導体回路 5（バイアホール 7 を含む）表面に粗化面（図示せず）を形成した。

【0209】

（14）次に、層間樹脂絶縁層 2 表面の所定の位置に、以下の方法を用いて光路変換ミラー 19（19a、19b）を有する光導波路 18（18a、18b）を形成した（図 12（a）参照）。

すなわち、予め、その一端に先端が V 形 90° のダイヤモンドソーを用いて 45° 光路変換ミラー 19 を形成しておいた PMMA からなるフィルム状の光導波路（幅 $25\ \mu\text{m}$ 、厚さ $25\ \mu\text{m}$ ）を、光路変換ミラー非形成側の他端の側面と層間樹脂絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。

なお光導波路の貼り付けは、該光導波路の層間樹脂絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ $10\ \mu\text{m}$ に塗布しておき、圧着後、 60°C で 1 時間硬化させることにより行った。

なお、本実施例では、 $60^\circ\text{C}/1$ 時間の条件で硬化を行ったが、場合によってはステップ硬化をおこなってもよい。貼り付け時に光導波路により応力が発生しにくいからである。

【0210】

（15）次に、ICチップ実装用基板の製造工程の（15）と同様にして溶剤レジスト組成物を調製し、さらに、基板の両面に、上記溶剤レジスト組成物を $35\ \mu\text{m}$ の厚さで塗布し、 70°C で 20 分間、 70°C で 30 分間の条件で乾燥処理を行い、溶剤レジスト組成物の層 14' を形成した（図 12（b）参照）。

【0211】

（16）次いで、基板の片面に、半田バンプ形成用開口と光路用開口とのパターンが描画された厚さ 5mm のフォトマスクを溶剤レジスト層に密着させて $1000\text{mJ}/\text{cm}$

² の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、直径 $150\mu\text{m}$ の開口を $250\mu\text{m}$ 間隔で形成した。

そして、さらに、 80°C で1時間、 100°C で1時間、 120°C で1時間、 150°C で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、半田パンプ形成用開口15と光路用開口11(11a、11b)とを有し、その厚さが $20\mu\text{m}$ のソルダーレジスト層14を形成した(図13(a)参照)。

【0212】

(17)次に、ICチップ実装用基板の製造工程の(18)の工程と同様にして、ニッケルめっき層と金めっき層とを形成し、半田パッド16とした。

【0213】

(18)次に、ソルダーレジスト層14に形成した半田パンプ形成用開口15に半田ペーストを印刷し、 200°C でリフローすることにより半田パンプ形成用開口15に半田パンプ17を形成し、多層プリント配線板とした(図13(b)参照)。

【0214】

C. IC実装光通信デバイスの製造

まず、上記Aの工程を経て製造したICチップ実装用基板に、ICチップを実装し、その後、樹脂封止を行い、ICチップ実装基板を得た。

次に、このICチップ実装基板と上記Bの工程を経て製造した多層プリント配線板とを所定の位置に対向配置させ、 200°C でリフローすることにより両基板の半田パンプ同士を接続して半田接続部を形成した。

【0215】

次に、半田接続部を介して接続した多層プリント配線板とICチップ実装用基板との間に、未硬化の封止用樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成し、光通信デバイスとした(図1参照)。

なお、封止用樹脂組成物としては、熱硬化型エポキシ樹脂、 $1\sim 10\mu\text{m}$ の粒度分布で平均粒径 $5\mu\text{m}$ の粒子、酸無水物、消泡剤および硬化剤を含む樹脂組成物を用いた。また、上記封止用樹脂組成物の粘度は、 $5\text{min}^{-1}(\text{rpm})/25^\circ\text{C}$ で $5\text{Pa}\cdot\text{s}$ である。

また、形成した封止樹脂層の透過率は、 85% であった。

なお、上記封止用樹脂組成物の粘度は、通常、 $5\text{min}^{-1}(\text{rpm})/25^\circ\text{C}$ で $1\sim 10\text{Pa}\cdot\text{s}$ 程度である。

【0216】

(実施例2)

実施例1の多層プリント配線板の製造工程の(14)の工程において、光導波路を形成する際に、下記の方法を用いて、下部クラッドとコアと上部クラッドとからなり、光路変換ミラーが形成された光導波路を最外層の層間樹脂絶縁層上に形成した以外は、実施例1と同様にして光通信デバイスを製造した。

光導波路の形成は、まず、最外層の層間樹脂絶縁層上の所定の位置に、下部クラッド形成用PMMAを塗布成膜し、これを加熱硬化することにより下部クラッドを形成し、その後、上記下部クラッド上に、コア形成用PPMAを塗布成膜し、これを加熱硬化することによりコア層を形成した。

その後、コア層の表面にレジストを塗布し、フォトリソグラフィによりレジストパターンを形成して反応性イオンエッチングにより、コアの形状にパターンニングすることにより下部クラッド上にコアを形成した。

次に、上記コア上に上部クラッド形成用PMMAを塗布し、これを加熱硬化することにより上記コア上に上部クラッドを形成し、光導波路とした。その後、この光導波路の一端に機械加工により 45° 光路変換ミラーを形成した。

なお、上記下部クラッド形成用PMMAと上記上部クラッド形成用PMMAとは、同一組成からなるものである。

【0217】

(実施例3)

実施例1のICチップ実装用基板の製造工程の(17)の工程、および、多層プリント配線板の製造工程の(16)の工程において、半田バンプ形成用開口を形成する際に、その直径が $70\mu\text{m}$ で、間隔が $127\mu\text{m}$ の半田バンプ形成用開口を形成した以外は実施例1と同様にして光通信用デバイスを製造した。

【0218】

このようにして得られた実施例1～3のIC実装光通信用デバイスについて、受光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板からの露出面に光ファイバを取り付けるとともに、受光素子に代えて検出器を取り付け、その後、光ファイバを介して光信号を送り、検出器で光信号を検出したところ、所望の光信号を検出することができ、本実施例で製造したIC実装光通信用デバイスが、光通信用デバイスとして充分満足できる性能を有していることが明らかとなった。

【0219】

また、ICチップ実装用基板に実装した発光素子と、この発光素子に対向する、多層プリント配線板に形成した光導波路との間での導波損失を下記の方法で測定したところ、 0.3dB/cm 以下であり、十分に光信号を伝送することができることが明らかとなった。なお、導波損失の測定は、受光用光導波路の端部に光ファイバを取り付けるとともに、光信号伝送用光路の受光素子側の端部に光ファイバを介してパワーメータを取り付け、その後、光導波路に取り付けた光ファイバから測定波長が 850nm の光信号を伝送し、受光用光導波路および光信号伝送用光路を介して伝送された光信号をパワーメータで検出することにより行った。

【0220】

さらに、実施例1～3で得られた光通信用デバイスにおいては、光学素子（受光素子および発光素子）ならびに光導波路の設計からの位置ズレはほとんどみられなかった。

【0221】

【発明の効果】

本発明の光通信用デバイスは、上記したように、所定の位置に受光素子および発光素子が実装されたICチップ実装用基板と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板とから構成されているため、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信用デバイスとして接続信頼性に優れる。

【0222】

また、本発明の光通信用デバイスにおいては、上記したように、封止樹脂層が形成されており、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、このゴミや異物等により光信号の伝送が阻害されることがないため、光通信用デバイスとしての信頼性に優れることとなる。

さらに、封止樹脂層が形成されていることにより、該封止樹脂層が上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなるため、本発明の光通信用デバイスは信頼性に優れることとなる。

【0223】

本発明の光通信用デバイスの製造方法では、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、両者の間に封止樹脂層を形成するため、光学素子と光導波路との間に、空気中を浮遊していることゴミや異物等が入り込むことがなく、光信号の伝送が阻害されることがない光通信用デバイスを好適に製造することができる。

【0224】

また、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に封止樹脂層を形成することにより、得られた光通信用デバイスにおいては、該封止樹脂層が上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数の差に起因して発生する応力を緩和する役目を果たすことができ、また、封止樹脂層を形成することにより光学素子や光導波路の位置ズレがより発生しにくくなる。

従って、本発明の製造方法では、信頼性に優れる光通信用デバイスを好適に製造すること

ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

【図2】本発明の光通信用デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図3】本発明の光通信用デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図4】本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図5】本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図6】本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図7】本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図8】本発明の光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図9】本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図10】本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図11】本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図12】本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図13】本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造する工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図14】本発明の光通信用デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図15】本発明の光通信用デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

- 100 多層プリント配線板
- 101 基板
- 102 層間樹脂絶縁層
- 104 導体回路
- 107 バイアホール
- 109 スルーホール
- 111 光路用開口
- 114 ソルダレジスト層
- 118 光導波路
- 119 光路変換ミラー
- 120 ICチップ実装用基板
- 121 基板
- 122 層間樹脂絶縁層
- 124 導体回路
- 127 バイアホール
- 129 スルーホール
- 131 光学素子実装用開口
- 134 ソルダレジスト層
- 137 半田接続部
- 138 受光素子
- 139 発光素子
- 140 ICチップ

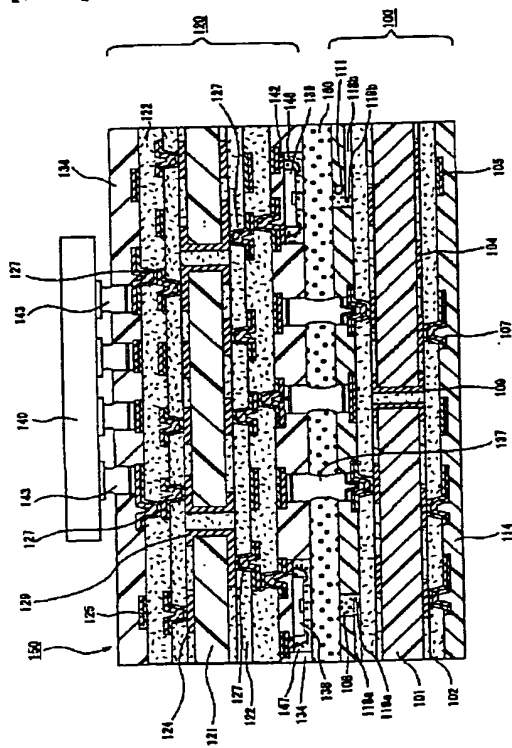
30

40

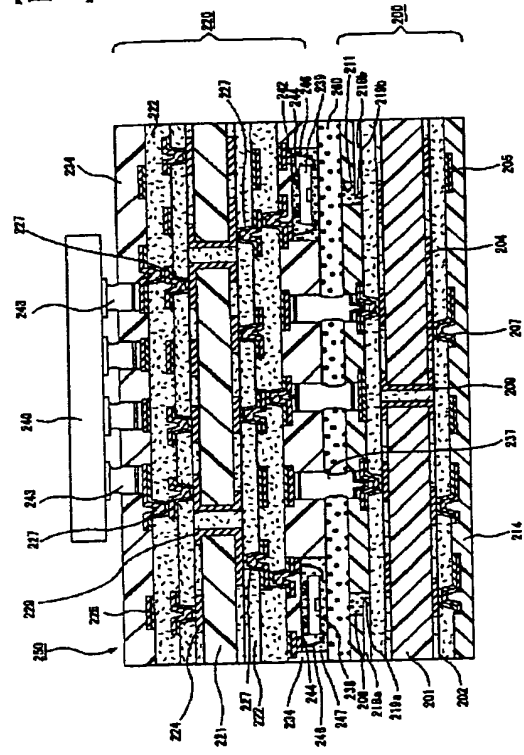
50

- 142 導電層
 150 光通信デバイス
 160 封止樹脂層

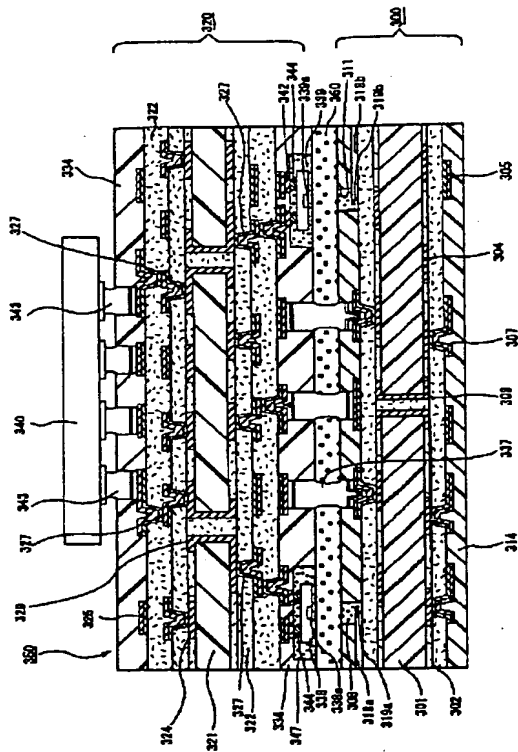
【図1】



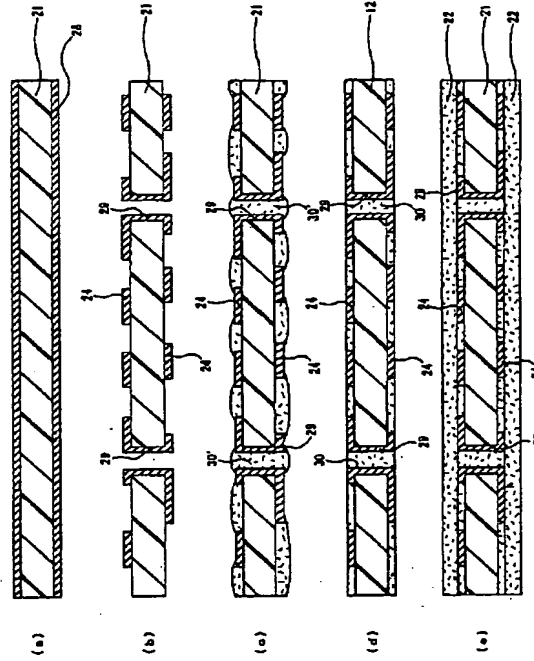
【図2】



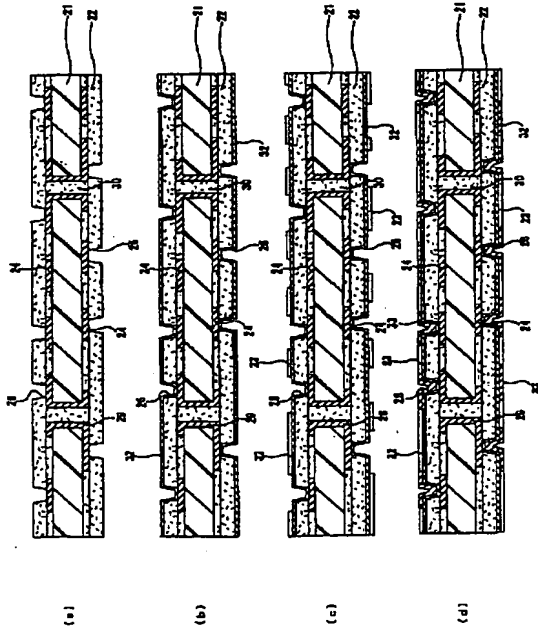
【図 3】



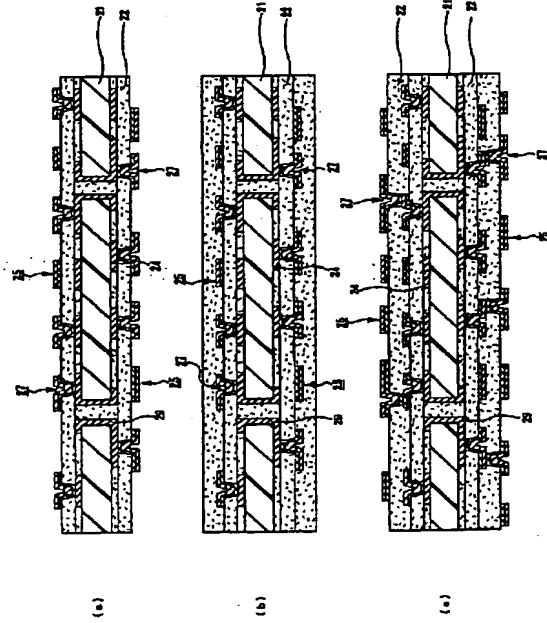
【図 4】



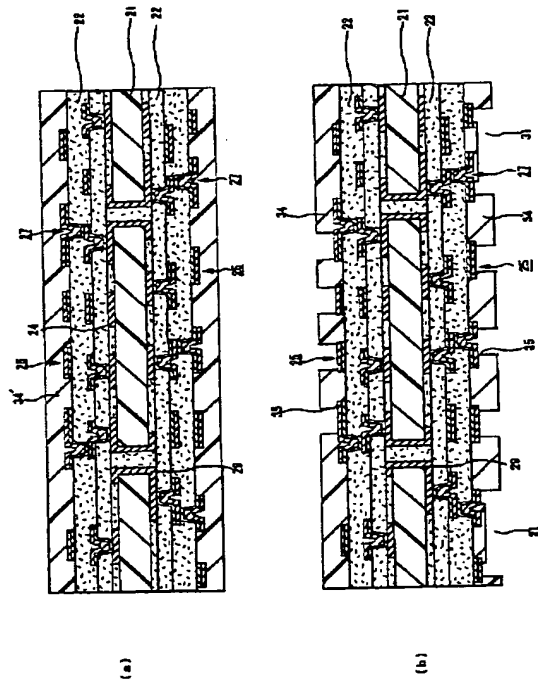
【図 5】



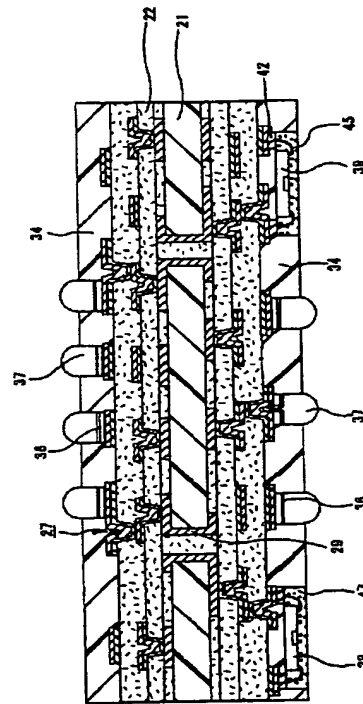
【図 6】



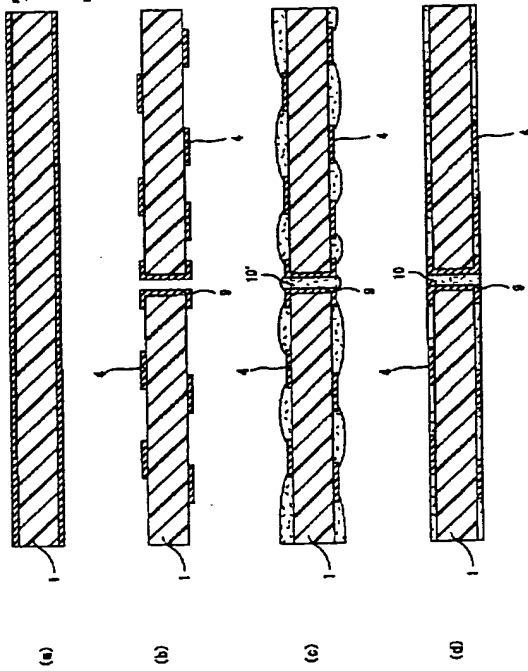
【図 7】



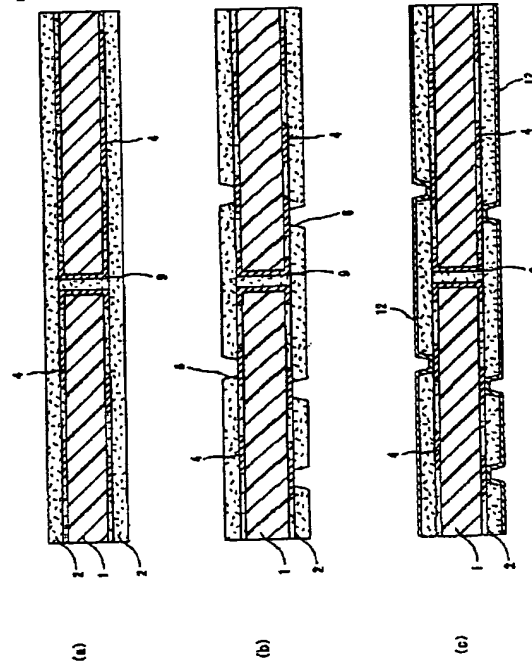
【図 8】



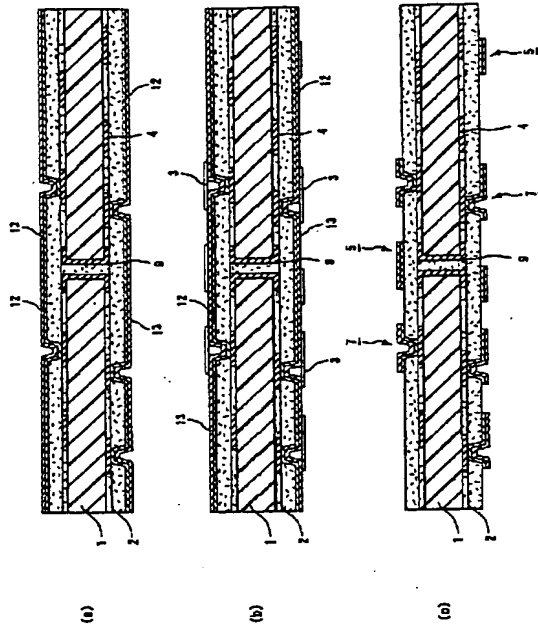
【図 9】



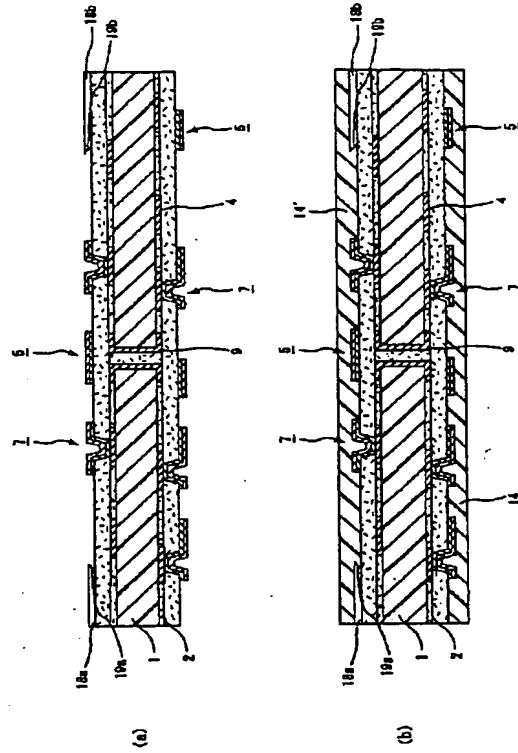
【図 10】



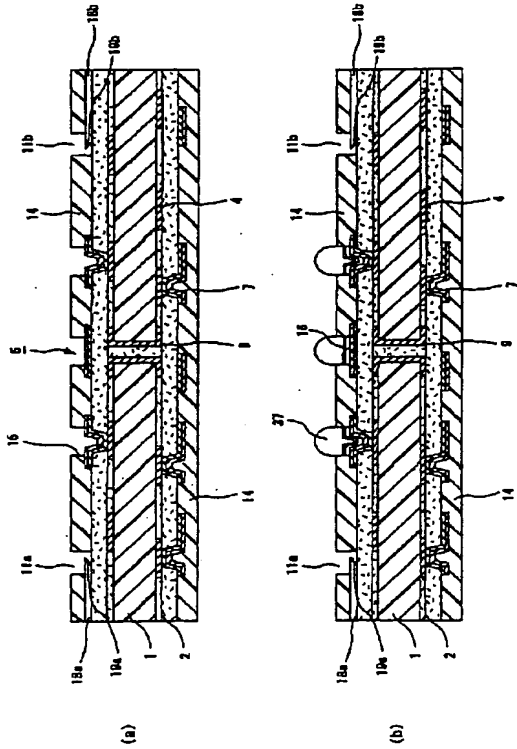
【図 1 1】



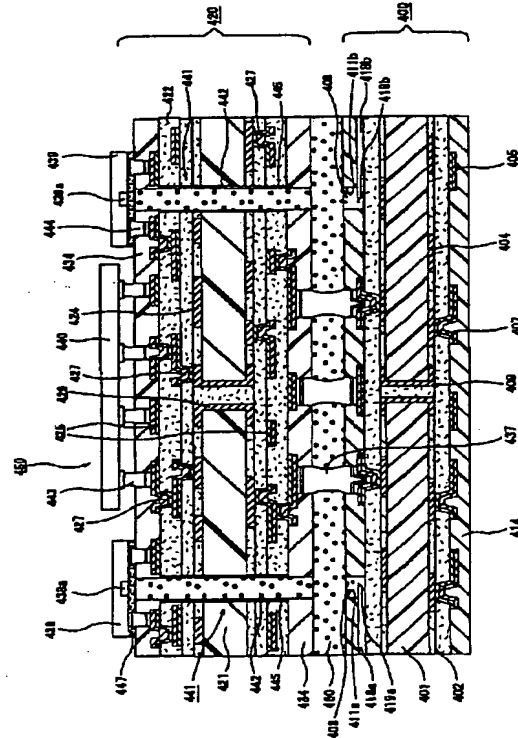
【図 1 2】



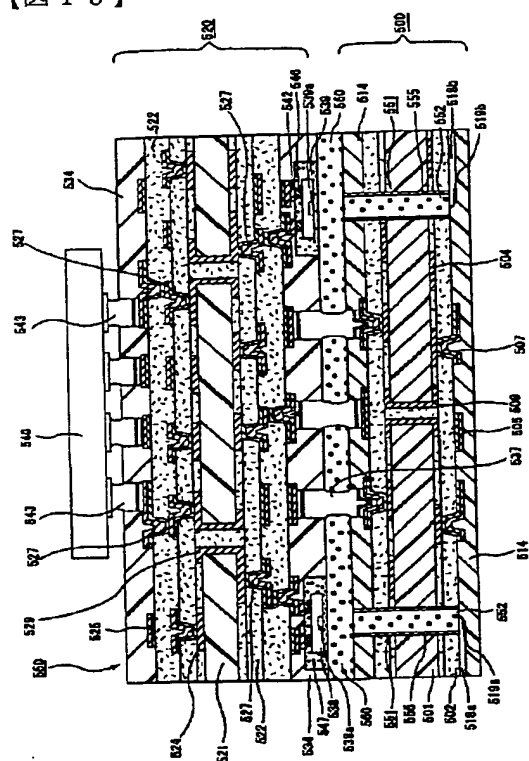
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

F ターム(参考) SE338 AA03 BB63 BB75 BB80 CC01 CC10 CD32 EE28 EE60
SE344 AA01 AA21 BB02 BB06 CC24 CD09 CD14 CD25 DD02 EE16
EE30
SE346 AA04 AA11 AA12 AA15 AA22 BB01 BB16 BB20 CC08 CC32
CC40 EE02 EE06 EE07 EE43 FF24 FF45 GG28 GG40 HH11
HH40

BLANK PAGE